

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Hydraulický pohon rychlonůžek.

Hydraulic Drive for Quick Shear.

Student:

Bc. Vítězslav Sebera

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vítězslav Sebera**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 16 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Hydraulický pohon rychlonůžek**
Hydraulic Drive for Quick Shear

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor problematiky ve světě.
2. Vyberte vhodné řešení.
3. Rozpracujte vybrané řešení do formy projektu.
4. Proveďte potřebné technické a pevnostní výpočty.
5. Nakreslete výrobní dokumentaci hydraulického agregátu.
6. Nakreslete výrobní dokumentaci hydraulického válce.
7. Zpracujte návod na obsluhu a údržbu.

Seznam doporučené odborné literatury:


Sivák, V. Projektování hydraulických systémů. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 331 s. Skriptum ISBN 80-7078-037-1
Pivoňka, J a kol. Tekutinové mechanismy. Praha: SNTL, 1997. 623 s.
Projektční podklady firem, Interfluid, Schloemann, Žďas, ŠKODA PLZEŇ,


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 14.12.2012
Datum odevzdání: 20.05.2013




prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5. 2013.....

Sebera.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5.2013

Sebera
.....
podpis

Bc. Vítězslav Sebera
Orlová Lutyně
Rolnická 133
735 14

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Dr. Ing. Miroslavovi Bovovi a Interfluid spol. s r.o. za odbornou pomoc a vedení při realizaci diplomové práce.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SEBERA, V. *Hydraulický pohon rychlonůžek: diplomová práce*. Ostrava:

VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2013, 70 s. Vedoucí práce: Bova, M.

Diplomová práce se zabývá hydraulickým pohonem rychlonůžek. První část se věnuje stříhání samotnému a poté přechází k jednotlivým vybraným typům hydraulických nůžek. Po této teoretické části následuje řešení hydraulického pohonu rychlonůžek. Ze tří řešení hydraulického pohonu rychlonůžek je zvolena varianta, kdy o pohyb nože rychlonůžek se starají dva hydraulické válce s jednostrannou pístnicí přes kloubový mechanismus. S tímto řešením jsou vypočítány potřebné technické a pevnostní výpočty. Díky těmto výpočtům je zjištěno, jaká síla bude tlačit na písty při stříhu, jaký bude průběh tlaku ve válcích. Dále jsou vypočítány potřebné hydraulické výpočty pro hlavní hydraulické válce, pro přidržovače a pro chlazení. Poslední byly pevnostní výpočty: kontrola vzpěru, závitů a čepů. Nakonec je uveden návod na obsluhu a údržbu hydraulických rychlonůžek. V příloze diplomové práce je funkční schéma hydraulických rychlonůžek, sestava hydraulického válce a hydraulický agregát.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

SEBERA, V. *Hydraulic Drive for Quick Shear: Master Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Systems, 2013, 70 p. Thesis head: Bova, M.

The thesis is about hydraulic drive for quick shear. The first part focuses on cutting itself and then passes to the particular selected types of hydraulic shear. After this theoretical approach, the thesis is focused on solution of the hydraulic drive for quick shear. From these three solutions of hydraulic drive for quick shear is chosen the option, where the movement of the knife of quick shear is provided by two hydraulic cylinders with single piston rod through the hinge mechanism. The necessary technical and strength calculations are calculated with this solution. Because of these calculations are discovered what power will push the pistons when they cut, what will be the course of the pressure in the cylinders. Next, the necessary hydraulic calculations for the main hydraulic cylinders, for grippers and for cooling are calculated. The last are the strength calculations: check of buckling, threads and pins. Finally, the instructions for operation and maintenance of hydraulic quick shear are noted. In the annex of diploma thesis are a functional diagram of hydraulic quick shear, assembly of hydraulic cylinder and hydraulic power unit.

OBSAH

0. ÚVOD	16
1. STŘÍHÁNÍ	17
1.1 Nůžky	18
1.2 Rozdělení stříhání	18
1.2.1 Stříhání rovnoběžnými noži	18
1.2.2 Stříhání kruhovými noži	19
1.2.3 Stříhání šikmými noži	20
2. RŮZNÉ TYPY HYDRAULICKÝCH NŮŽEK	25
2.1 Padací hydraulické nůžky HNH	25
2.2 Padací hydraulické nůžky NHM	26
2.3 Tabulové hydraulické nůžky TS	28
2.4 Tabulové hydraulické nůžky SST	30
2.5 Vysokorychlostní střížné nůžky Clean & Square Edges	31
2.6 SpeedCut 1000/3 vysokorychlostní nůžky	32
3. RŮZNÉ ŘEŠENÍ HYDRAULICKÉHO POHONU RYCHLONŮŽEK	34
3.1 Hydraulický pohon rychlonůžek s dvěma hydraulickými válci se synchronizací pomocí pístkového děliče	34
3.2 Hydraulický pohon rychlonůžek s oboustrannou pístnicí hydraulického válce	35
3.3 Hydraulický pohon rychlonůžek se dvěma hydraulickými válci	36
3.4 Zvolení vhodného řešení	36
4. POTŘEBNÉ TECHNICKÉ A PEVNOSTNÍ VÝPOČTY	37
4.1 Potřebné silové výpočty	37
4.2 Potřebné výpočty pro hlavní válce	42
4.3 Potřebné výpočty pro válce přidržovače plechu	43
4.4 Návrh vakuového akumulátoru	45
4.5 Chlazení	46
4.5.1 Velikost chladiče	46
4.5.2 Volba vzduchového chladiče	50
4.6 Potřebné pevnostní výpočty hydraulických válců	51
4.6.1 Hlavní hydraulické válce	51
4.6.1.1 Výpočet vzpěru podle Eulera	51
4.6.1.2 Výpočet vzpěru podle Tetmajera	52
4.6.1.3 Kontrola závitů	52
4.6.1.3.1 Kontrola závitů na pístnici, jako matice oko	52

4.6.1.3.2 Kontrola závitů na pístnici, jako matice píst	54
4.6.1.3.3 Kontrola závitů na válci, jako matice víka válce	55
4.6.1.4 Kontrola čepu	56
4.6.1.4.1 Kontrola čepu v oku pístnice	56
4.6.1.4.2 Kontrola čepu k uchycení hydraulického válce	58
5. NÁVOD NA OBSLUHU A ÚDRŽBU	61
5.1 Popis	61
5.1.1 Střih	61
5.1.2 Přidržení plechu	61
5.1.3 Chlazení a filtrace	62
5.2 Obsluha a údržba	62
5.3 Technické údaje	63
5.4 Další informace	64
6. ZÁVĚR	66
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
8. PŘÍLOHY	70

Seznam použitých značek a symbolů

Seznam zkratek	
Značka	Název
atd.	a tak dále
cos	kosinus
č	číslo
DN	jmenovitá světlost
e	exponent
HG	hydrogenerátor
HV	hydraulický válec
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci
ln	logaritmická funkce
M	metrický závit
MA	elektromotor
YV	označení cívek
max.	maximálně
mm	milimetry
Obr.	obrázek
Pa	pascal
sin	sinus
Tab.	tabulka
tan	tangens
tzv.	takzvané
VG	viskozitní třída
°C	stupeň Celsia
%	procento
+	plus
Σ	suma
π	pí

Seznam jednotek a veličin

Značka	Název	Rozměr
a	experimentálně zjištěná konstanta závislá na materiálu	[Pa]
a _v	šířka vidlice	[m]
A	teoretická práce při stříhání	[W]
b	šířka materiálu	[m]
b _m	experimentálně zjištěná konstanta závislá na materiálu	[Pa]
b _t	šířka táhla	[m]
c	měrné skupenské teplo kapaliny	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
ca	konstanta korekce	[1]
c _{II}	míjivé zatížení	[1]
c ₁	měrné skupenské teplo kovů	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
C	uhlík	[%]
Cr	chrom	[%]
d	velký průměr závitu šroubu	[m]
d _č	průměr čepu	[m]
d _p	průměr pístnice přidržovače hydraulického válce	[m]
d _h	průměr pístnice hlavního hydraulického válce	[m]
d _x	elementární plocha šířky	[m ²]
d ₂	střední průměr závitu šroubu	[m]
d ₃	malý průměr závitu šroubu	[m]
D	velký průměr závitu matice	[m]
D _p	průměr pístu přidržovače hydraulického válce	[m]
D _h	průměr pístu hlavního hydraulického válce	[m]
D ₁	malý průměr závitu matice	[m]
D ₂	střední průměr závitu matice	[m]
E	modul pružnosti v tahu	[Pa]
f _{č1}	časový faktor průměrný	[1]
f _{č2}	časový faktor průměrný	[1]
F	síla	[N]
F _H	tíha nože	[N]
F _P	síla přidržovače plechu	[N]
F _{PHV}	síla přidržovače plechu pro jeden hydraulický válec	[N]
F _S	střížná síla	[N]
F _V	síla na válec	[N]

F_{kr}	kritická síla u vzpěru podle Eulera	[N]
F_{krt}	kritická síla u vzpěru podle Tetmajera	[N]
F_{rA}	reakce v podpoře A	[N]
F_{xi}	síly v ose x	[N]
F_{xy}	síly v ose y	[N]
F_{1h}	síla na plné ploše pístu	[N]
F_{2h}	síla na mezikruží pístu	[N]
h	délka stříhu	[m]
h_h	zdvih hlavního válce	[m]
h_p	zdvih válce přidržovačů	[m]
h_z	výška matice	[m]
H_1	nosná hloubka závitů	[m]
i_s	štíhlostní poměr	[1]
I_x	kvadratický moment pro kruhovou tyč	[m ⁴]
k	koeficient bezpečnosti	[1]
$k_{\check{c}}$	součinitel prostupu tepla nádrže	[1]
k_s	kusy	[1]
k_{sHV}	počet přidržovačů	[1]
$k_{s\check{c}}$	počet hydrogenerátorů	[1]
k_{sp}	počet prvků	[1]
l	délka čepu	[m]
l_{red}	redukována délka	[m]
l_u	délka od uchycení hydromotoru ke konci pístnice	[m]
L	délka držáku nože	[m]
m	hmotnost nože	[kg]
m_k	hmotnost kovových částí	[kg]
m_s	střížná mezera	[m]
Mn	mangan	[%]
$M_{o\ max}$	maximální ohybový moment	[N·m]
n	exponent pro adiabatickou změnu	[1]
n_{EL}	otáčky elektromotoru přidržovačů	[ot·min ⁻¹]
n_{ELh}	otáčky hlavního elektromotoru	[ot·min ⁻¹]
n_{ELch}	otáčky elektromotoru chlazení	[ot·min ⁻¹]
Ni	nikl	[%]
p	potřebný tlak v hlavních válcích	[Pa]

p_D	dovolený tlak u otlačení	[Pa]
p_{D1}	dovolený tlak u otlačení v táhle	[Pa]
p_{D2}	dovolený tlak u otlačení ve vidlici	[Pa]
p_O	tlak otlačení v závitů	[Pa]
p_{chl}	potřebný tlak ve větvi pro chlazení	[Pa]
p_o	plnicí tlak akumulátoru	[Pa]
p_p	tlakový spád na prvcích	[Pa]
p_{pom}	poměr tlaku	[Pa]
p_{pokles}	pokles tlaku	[Pa]
$p_{př}$	potřebný tlak ve válcích přidržovačů	[Pa]
p_{1O}	otlačení v táhle	[Pa]
p_{2O}	otlačení ve vidlici	[Pa]
p_1	maximální hodnota tlaku v akumulátoru	[Pa]
p_2	minimální hodnota tlaku v akumulátoru	[Pa]
p_{20}	plnicí tlak při plnění (20°C)	[Pa]
P	specifický výkon	[W]
P_{ele}	výkon elektromotoru přidržovačů	[W]
P_{eleh}	výkon hlavního elektromotoru	[W]
P_{elech}	výkon elektromotoru chlazení	[W]
P_z	rozteč závitů	[m]
Q_{HG1}	celkový průtok pro přidržení plechu	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_{HG2}	celkový průtok pro uvolnění plechu	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_{Ch}	celkový průtok pro stříh a do odpadu	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_{chl}	průtok od hydrogenerátoru pro chlazení	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_i	průtoky od hlavních válců	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_1	velikost lekáže	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_{STR}	střední průtok od hydrogenerátoru	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_1	průtok pro přidržení plechu	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_2	průtok pro uvolnění plechu	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_{1h}	průtok na plnou plochu hlavního válce	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_{2h}	průtok na mezikruží hlavního válce	[m ³ ·s ⁻¹]
r	rezerva	[-]
Re_{min}	minimální mez kluzu	[Pa]
R_x	reakce od vedení nože	[N]

R1	reakce od bodu 1	[N]
R2	reakce od bodu 2	[N]
R3	reakce od bodu 3	[N]
R4	reakce od bodu 4	[N]
s	tloušťka materiálu	[m]
S	výpočtový průřez	[m ²]
S _D	plná plocha pístu přidržovače hydraulického válce	[m ²]
S _{Dh}	plná plocha pístu hlavního hydraulického válce	[m ²]
S _O	otlačovaná plocha všech závitů	[m ²]
S _č	plocha čepu namáhaná smykem	[m ²]
S _{čO}	otlačovaná plocha čepu	[m ²]
S _d	plocha mezikruží pístu přidržovače hydraulického válce	[m ²]
S _{dh}	plocha mezikruží pístu hlavního hydraulického válce	[m ²]
Si	křemík	[%]
Sn	plocha	[m ²]
S _{nádrž}	povrch nádrže	[m ²]
S ₁	otlačovaná plocha v táhle	[m ²]
S ₂	otlačovaná plocha ve vidlici	[m ²]
t	teplota při teplotní konstantně 0,1 T	[°C]
t _{cel}	celkový čas pohybu od hlavních válců	[s]
t _i	časy pohybu od hlavních válců	[s]
t _o	teplota okolí	[°C]
t _{olej}	ustálená teplota oleje	[°C]
t _s	čas vysunutí pístnice přidržovače	[s]
t _u	ustálená teplota	[°C]
t _z	čas zasunutí pístnice přidržovače	[s]
t _{sh}	čas vysunutí a zasunutí pístnice hlavních HV	[s]
t ₀₁	počáteční teplota oleje	[°C]
T	časová konstanta	[s]
T _{prac}	pracovní teplota	[°C]
T _{0,1}	čas pro teplotní konstantu 0,1 T	[s]
T ₂₀	teplota při 20°C	[°C]
v	rychlost vysouvání a zasouvání hlavních HV	[m·s ⁻¹]
v _s	rychlost vysouvání pro přidržovače	[m·s ⁻¹]
v _z	rychlost zasouvání pro přidržovače	[m·s ⁻¹]

V	objem kapaliny ve válcích pro střih	$[m^3]$
V_{gHG}	geometrický objem hydrogenerátoru přidržovačů	$[m^3]$
V_{gHGh}	geometrický objem hlavního hydrogenerátoru	$[m^3]$
V_{gHGch}	geometrický objem hydrogenerátoru chlazení	$[m^3]$
V_k	objem plynu v akumulátoru po korekci	$[m^3]$
$V_{nádrž}$	velikost nádrže	$[m^3]$
V_{plyn}	objem plynu v akumulátoru	$[m^3]$
V_1	objem kapaliny ve válcích pro střih u plné plochy pístu	$[m^3]$
V_2	objem kapaliny ve válcích pro střih u mezikruží pístu	$[m^3]$
W_o	modul průřezu v ohybu	$[m^3]$
x	vzdálenost	$[m]$
x_P	bezpečnost přidržení	$[1]$
$x_{přeč}$	přečerpání nádrže pro chlazení	$[1 \cdot min^{-1}]$
z	počet závitů	$[1]$
α	poloviční úhel mezi táhly	$[^\circ]$
ε_x	poměrné vniknutí	$[1]$
Δt	rozdíl teplot oleje a okolí	$[^\circ C]$
θ	specifická práce	$[W]$
q_x	hodnota tlaku	$[Pa]$
η_G	průtoková účinnost hydrogenerátoru	$[1]$
φ	úhel sklonu nože	$[^\circ]$
σ_{Do}	dovolené napětí v ohybu	$[Pa]$
σ_{Dt}	dovolené napětí v tahu	$[Pa]$
σ_{Kt}	mez kluzu v tahu	$[Pa]$
σ_O	napětí v ohybu	$[Pa]$
σ_{Pt}	mez pevnosti v tahu	$[Pa]$
σ_t	napětí v tahu	$[Pa]$
ρ	hustota kapaliny	$[kg \cdot m^3]$
τ_{Ds}	dovolené namáhání ve smyku	$[Pa]$
τ_{Ps}	pevnost ve střihu	$[Pa]$
τ_o	doba ohřátí oleje na teplotu	$[Pa]$
τ_s	namáhání ve smyku	$[Pa]$
ϕ	úhel tahání	$[^\circ]$
Φ_{HG}	teplo z provozu hydrogenerátoru	$[W]$

Φ_N	teplo odvedené nádrži	[W]
Φ_C	chlazený výkon	[W]
Φ_{CH}	chlazený výkon vzduchového chladiče	[W]
Φ_P	přepočet chlazeného výkonu vzduchového chladiče	[W]
Φ_p	teplo přivedené průtokem	[W]
Φ_r	chlazený výkon s rezervou	[W]
Φ_v	teplo přivedené z venku	[W]
Φ_z	celkový ztrátový tepelný výkon	[W]

0. Úvod

Téma mé magisterské práce se nazývá „Hydraulický pohon rychlonůžek“. Tato práce se zaměřuje na stříhání plechu hydraulickými nůžkami.

V teoretické části se budu zabývat nejrozšířenější technologií plošného tváření, a to stříháním. Spočívá v dělení materiálu smykovým namáháním vyvolaným střížnými hranami nástroje, a to buď postupně, nebo současně podél čáry stříhu. Tato technologie se může používat na přípravu polotovarů nebo vystřihování z plechu, ale také na dokončovací nebo pomocné práce. Další operace stříhání se jmenují podle způsobu odstranění materiálu: ostřihování, děrování, přistřihování, vystřihování atd. Materiál můžeme dělit za tepla i za studena.

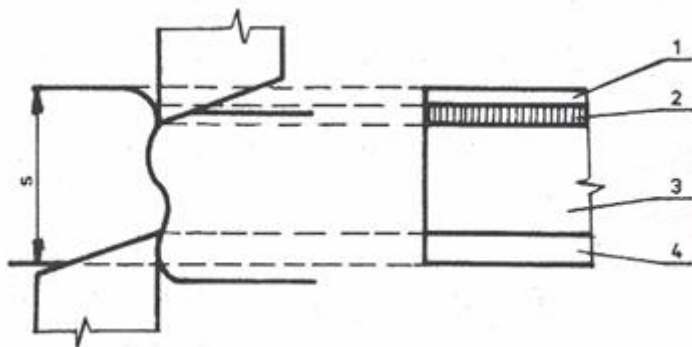
Dále se v teoretické části mé diplomové práce budu zabývat rozdělením stříhání, a to na stříhání kruhovými noži, rovnoběžnými noži a šikmým nožem. Následně se budu věnovat vybraným typům hydraulických nůžek.

Praktická část pak bude navazovat na teoretický základ a bude se zabývat různým řešením hydraulického pohonu rychlonůžek. Poté si vyberu jedno vhodné řešení hydraulického pohonu rychlonůžek a k tomuto řešení vypočtu potřebné hydraulické a pevnostní výpočty.

Posledním bodem praktické části bude návod na obsluhu a údržbu hydraulických nůžek.

1. Stříhání

Nejrozšířenější technologií plošného tváření je stříhání. Spočívá v dělení materiálu smykovým namáháním vyvolaným střižnými hranami nástroje, a to buď postupně, nebo současně podél čáry stříhu. Tato technologie má různá použití. Může se používat na přípravu polotovarů či vystřihování výrobků z plechu, které mají buď konečné použití, nebo jsou určeny pro další technologické postupy, a také na dokončovací nebo pomocné práce. Existují i jiné operace stříhání a ty se jmenují podle způsobu odstranění materiálu (ostřihování, děrování, přistřihování, vystřihování atd.). Materiál můžeme dělit za tepla i za studena. Plechy se většinou dělí za studena, a to zejména tehdy, když mají plechy větší průřez či vyšší pevnost materiálu.



Obr. č. 1.1 Deformační pásma při stříhání materiálu.

1 - pásmo zaoblení, 2 - pásmo utrnutí, 3 - pásmo smyku, 4 - pásmo odtlačení. [13]

Za studena se dá stříhat pouze měkkčí ocel, která je většinou do pevnosti 400 MPa, nebo plechy. Tvrdší materiál je nutné stříhat za tepla. Tvrdší materiál se tedy zahřeje na teplotu 700 °C a v té době už značně poklesne přetvárná pevnost oproti přetvárné pevnosti při běžné teplotě. To znamená, že ocel, která má pevnost 600 MPa při běžné teplotě, bude mít při teplotě 700 °C přetvárnou pevnost 140 MPa.

Stříhání za tepla je výhodnější než za studena. Hlavní důvod je ten, že k odstřihnutí stačí menší síla než za studena. A také nevznikají trhlinky, které vznikají při dělení na lácích strojích.

Navzdory těmto vyjmenovaným výhodám, které nám stříhání za tepla přináší, se musíme snažit stříhat materiál za studena, a to z toho důvodu, že právě ohřev zvyšuje náklady na stříhání. [1]

1.1 Nůžky

Nůžky jsou nástrojem, který se využívá u prostého stříhání. Existují různá hlediska, jak se mohou konstrukce nůžek dělit, např. podle tvaru nožů, podle pohybu nožů, podle pohonu či podle účelu atd.

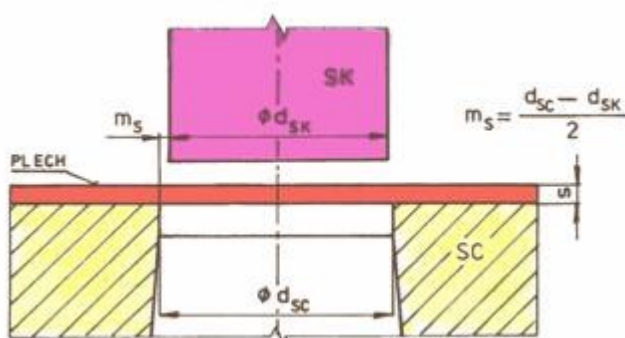
Pokud se nože dělí podle tvarů, existují kotoučové nože a tabulové neboli gilotinové. Další dělení může být podle pohybu nožů, kde patří pohyb přímočarý, kyvný a valivý. Nůžky se mohou dělit taktéž podle pohonu, a to na pohon hydraulický, mechanický, nožní nebo ruční a speciální.

Mezi další dělení nůžek, jak bylo naznačeno výše, patří i dělení podle účelu. Zde tedy patří nůžky křivkové, tabulové, trubky, profily atd. Navíc ještě zde může být dělení nůžek podle speciální konstrukce, a to na nůžky aligátorové, letmé atd. [8]

1.2 Rozdělení stříhání

1.2.1 Stříhání rovnoběžnými noži

Pokud se jedná o stříhání rovnoběžnými noži (Obr. č. 1.2.1.1), tak při tomto stříhání se používá střížný nástroj. Tento střížný nástroj se skládá ze střížníku a střížnice, přičemž mezi nimi je střížná vůle, přesněji střížná mezera m_s (1/2 střížné vůle). Aby se dosáhlo kvalitního výstřižku, je důležité mít optimální vůli mezi střížníkem a střížnicí. Tato vůle se pohybuje v rozmezí od 3 % do 10 % tloušťky plechu a závisí jak na tloušťce, tak na pevnosti materiálu. Jak roste pevnost materiálu, tak roste i vůle.

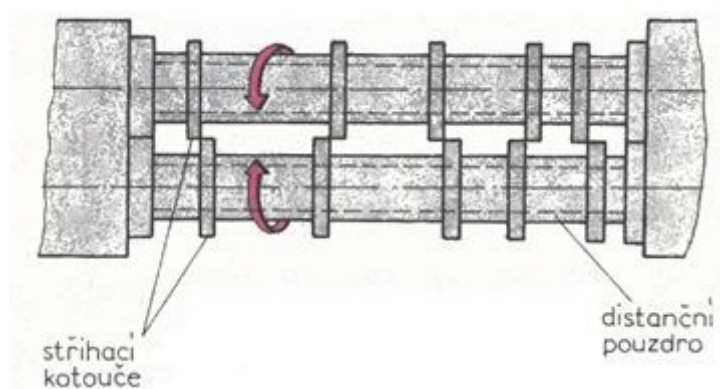


Obr. č. 1.2.1.1 Stříhání rovnoběžným nožem. [13]

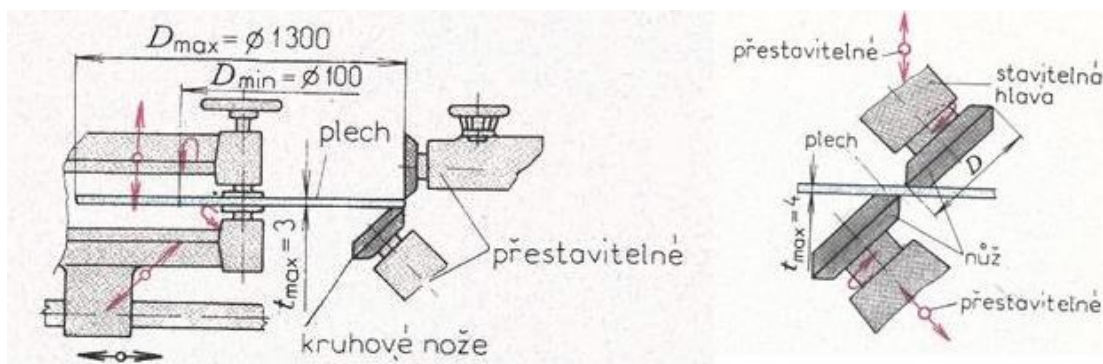
1.2.2 Stříhání kruhovými noži

U podélného stříhání dlouhých pásů se používají nůžky kotoučové neboli kruhové (Obr. č. 1.2.2.1). Pro tento typ střížného nástroje je typické, že jeho součástí jsou odvalující se nože. Čas stříhu se sice při práci s kruhovými noži prodlužuje, ale naproti tomu se zase snižují rázy při stříhání.

Kombinace dvojkuželového a válcového nože se používá pro stříh tvarů, které jsou zakřivené. A je zde navíc výhoda skloněných os nástrojů. Když se stříhá křivkově, lze vidět na obrázku číslo 1.2.2.2, je nutné si zvolit co nejmenší průměr nože. Pro snadnou manipulaci se stříhaným materiálem se používá konstrukce nůžek s dlouhými rameny, které nesou kotouče. Za specifický nástroj se považují kmitací nůžky. Jejich použití je dvojí, a to na vystřihování drážek a děr a k ostříhování výlisků. Tloušťka stříhaného materiálu se pohybuje maximálně okolo 10 mm.



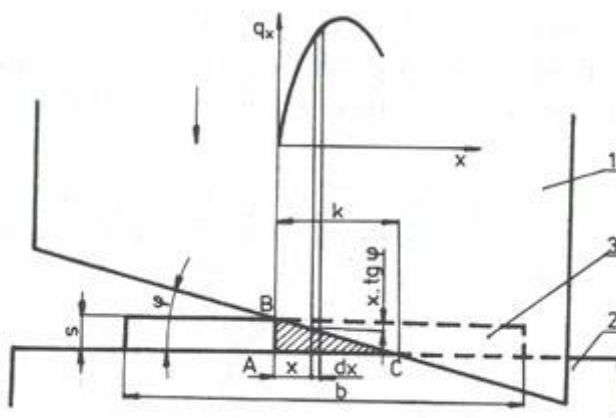
Obr. č. 1.2.2.1 Kotoučové neboli kruhové nůžky při stříhání pásů. [13]



Obr. č. 1.2.2.2 Stříhání křivkovými noži s různým uspořádáním nožů. [13]

1.2.3 Stříhání šikmými noži

Stříhání šikmými nůžkami, obrázek číslo 1.2.3.1, stříhání skloněnými neboli šikmými noži, 1 - horní pohyblivý nůž, 2 - dolní pevný nůž, 3 - stříhaný materiál. Šikmé nůžky při stříhání svírají určitý úhel φ . Stříhání těmito nůžkami je lepší z toho důvodu, že se zmenší celková potřebná střižná síla F , kterou by bylo nutné vynaložit při stříhání na rovnoběžných nůžkách. Při stříhání šikmými noži dochází k tomu, že se materiál stříhá postupně. Zásadní pro určení velikosti střižné síly bude velikost plochy trojúhelníku, a to proto, že se nestříhá na celém průřezu materiálu najednou.



Obr. č. 1.2.3.1 Stříhání skloněnými neboli šikmými noži. [1]

V trojúhelníku ABC je zaznačena elementární plocha šířky d_x ve vzdálenosti x od bodu A.

Velikost elementární střižné síly, která působí na plochu $s \cdot d_x$, bude obdobná jako u případu s rovnoběžnými noži.

$$dF = \tau_{ps} \cdot dSn \quad (1.2.3.1)$$

Za dS dosadíme

$$dSn = s \cdot d_x \quad (1.2.3.2)$$

Poté

$$dF = s \cdot \tau_{ps} \cdot d_x = q_x \cdot d_x \quad (1.2.3.3)$$

Poměrná hloubka materiálu, do níž se dostane nůž, bude ve vzdálenosti x , to znamená:

$$\varepsilon_x = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot x}{s} \quad (1.2.3.4)$$

Ačkoliv poměrné vniknutí ε_x je lineárně závislé od x , bude se hodnota tlaku q_x měnit podle nože. A to tak jako se mění síla F_s v závislosti od šířky materiálu b při té určité tloušťce s stříhaného materiálu.

Celková střížná síla:

$$F_s = \int q_x \cdot d_x \quad (1.2.3.5)$$

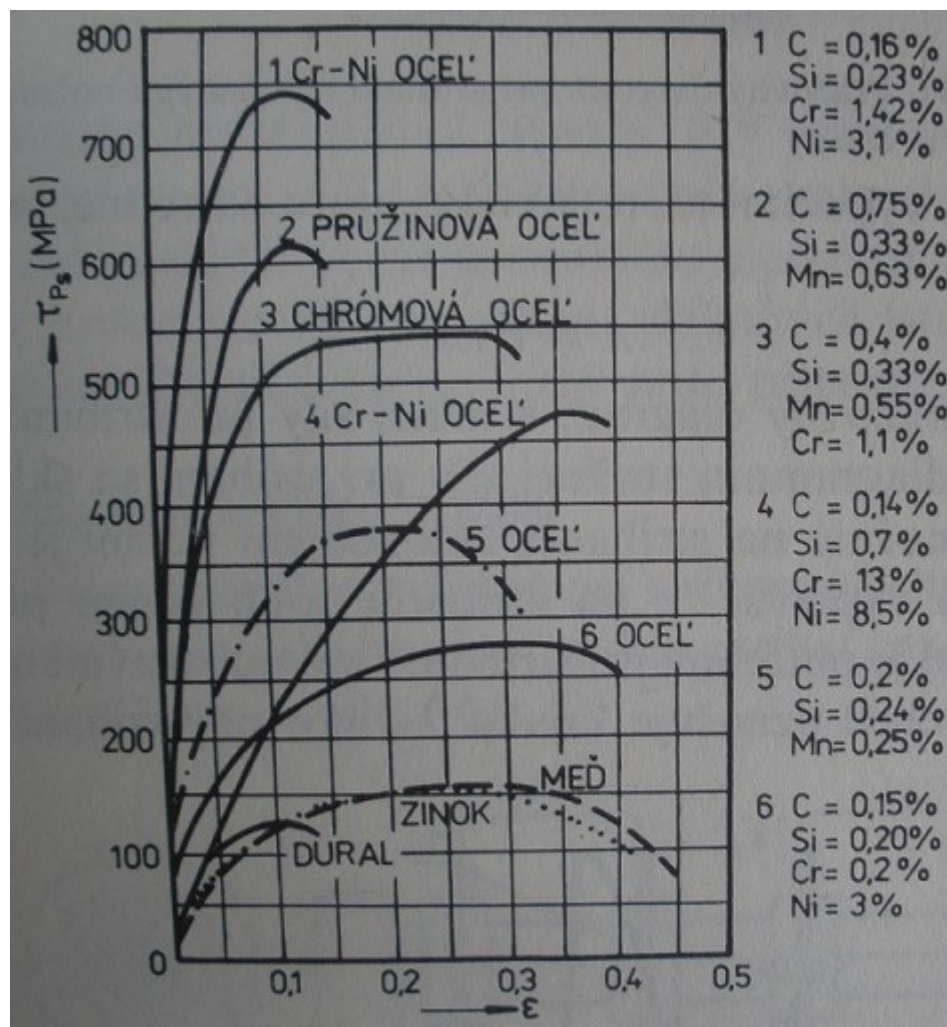
Po úpravě dostaneme:

$$\begin{aligned} q_x &= \tau_{Ps} \cdot s \\ d_x &= \frac{s}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot d\varepsilon \end{aligned} \quad (1.2.3.6)$$

Dále

$$F_s = \int \tau_{Ps} \cdot s \cdot \frac{s}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot d\varepsilon = \frac{s^2}{\operatorname{tg} \varphi} \int \tau_{Ps} \cdot d\varepsilon = \frac{s^2}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \theta \quad (1.2.3.7)$$

θ je hodnota specifické práce odpovídající velikosti plochy ohraničené křivkou $\tau_{Ps}=f(\varepsilon)$ a s osou ε . Křivky pro jednotlivé materiály jsou značeny v grafu na obrázku číslo 1.2.3.2.



Obr. č. 1.2.3.2 Závislost τ_{ps} na ϵ při stříhání za studena. [1]

1 - C=0,16 %; Si=0,23 %; Cr=1,42 %; Ni=3,1 %

2 - C=0,75 %; Si=0,33 %; Mn=0,63 %

3 - C=0,4 %; Si=0,33 %; Mn=0,55 %; Cr=1,1 %

4 - C=0,14 %; Si=0,7 %; Cr=13 %; Ni=8,5 %

5 - C=0,2 %; Si=0,24 %; Mn=0,25 %

6 - C=0,15 %; Si=0,20 %; Cr=0,2 %; Ni=3 % [1]

Po další úpravě platí vztah pro maximální teoretickou střížnou sílu:

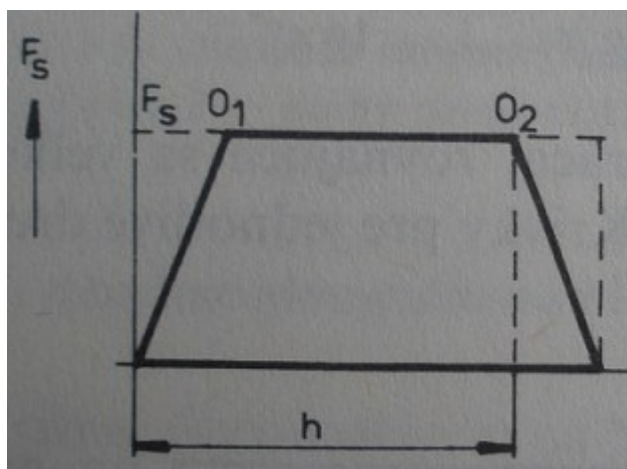
$$F_S = \tau_{ps} \cdot \frac{s^2}{\tan \varphi} \quad (1.2.3.8)$$

kde s je hloubka materiálu

φ úhel sklonu nože: 2-6° pro tabulové nože,

7-20° pro pákové nože.

Potřebná síla na stříhání skloněnými noži, která byla teoreticky vypočítána, je konstantní, a to v tom případě, že záběr nože bude v celé hloubce bodu Q_1 . Až se nůž dostane do bodu Q_2 , tak velikost střížné síly začíná klesat, až se dostane na nulu (Obr. č. 1.2.3.3).

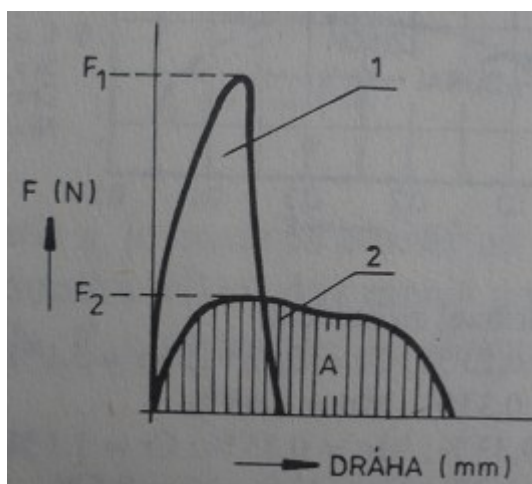


Obr. č. 1.2.3.3 Pracovní diagram při stříhání skloněnými noži. [1]

Z pracovního diagramu při stříhání skloněnými noži se vypočte teoretická hodnota práce, která je potřeba na stříhání, a to podle rovnice:

$$A = h \cdot F_s \quad (1.2.3.9)$$

Když se porovná pracovní diagram střížné síly, tak se zjistí, že stříhání se skloněnými noži je výhodnější (Obr. č. 1.2.3.4) oproti stříhání s rovnoběžnými noži.

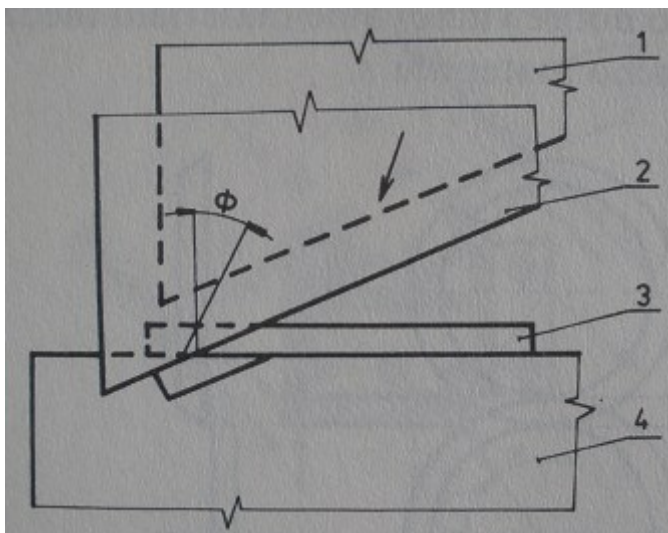


Obr. č. 1.2.3.4 Pracovní diagram průběhu síly a dráhy při stříhání noži.

1 - rovnoběžné nože, 2 - skloněné nože [1]

Z tohoto diagramu vyplývá, že při stříhání určitého plechu rovnoběžnými noži je potřeba podstatně větší síly F_1 , než která je nutná při stříhání se skloněnými noži, kde je potřeba na stříhání maximální střižná síla F_2 . Navíc lze vidět, že síla F_1 rovnoběžného nože působí po menší dráze než síla F_2 skloněného nože.

Na obrázku číslo 1.2.3.5 je znázorněn tahaný stříh.



Obr. č. 1.2.3.5 Tahaný stříh při stříhání materiálu.

1 - výchozí poloha nože, 2 - poloha nože při stříhu, 3 - dolní pevný nůž, 4 - materiál [1]

Pro tahaný stříh je typický úhel tahání ϕ . Úhel ϕ se pohybuje v rozmezí od 2° do 10° . Tahaný stříh se dá využít při stříhání vláknitých látek, jako je např. papír, kde střižná síla jde dolů až o 20 %. V takovémto případě se určí úhel tahání $\phi = 70^\circ$.

2. Různé typy hydraulických nůžek

Vybral jsem pár typů hydraulických nůžek.

2.1 Padací hydraulické nůžky HNH

Tyto nůžky splňují požadavky, které jsou dány pro výrobu při přímočarém stříhání tabulí a pásů. Tyto hydraulické nůžky stříhají materiály z ocelových i nezelezných kovů a z jiných materiálů stejných vlastností. Jednoduchá konstrukce umožňuje spolehlivý provoz a snadnou obsluhu hydraulických nůžek. Základní model těchto nůžek je vybaven funkcemi, které dávají možnost ovládat přestavení střížné vůle a nastavení úhlu stříhu. Hydraulický pohon se stará o stálé přitlačení plechu pomocí hydraulických přitlačných válečků a rovnoměrné ustřížení plechu stálou rychlostí.

Mezi výhody nůžek HNH patří stálá střížná síla a rychlost celého zdvihu, všestranné zajištění proti přetížení (díky hydraulickému pojistnému ventilu) a možnost nastavení zdvihu střížné traverzy podle šířky plechu. Nůžky se dají použít v různých pracovních dílnách, jako např. zámečnických, údržbářských, auto-opravářských či strojních. Pro tyto stroje je typické velmi masivní a tuhá konstrukce s vysokou spolehlivostí. Činné části těchto hydraulických nůžek jsou zhotoveny z velmi kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny a broušeny. Nože na nůžkách se mohou znovu několikrát ostřit, čili nejsou pouze na jedno použití.



Obr. č. 2.1.1 Typ HNH. [9]

Typ		HNH 1000/4	HNH 1250/3	HNH 2000/4	HNH 2000/6	HNH 3000/10	
Pracovní délka		[mm]	1 030	1 260	2 030	2 050	3 120
Max.tloušťka plechu při pevnosti 450 MPa		[mm]	4	3	4	6	10
Úhel sklonu řezné hrany nože		[°]	0,5-2			0,5-2,5	0,5-3,5
Počet zdvihů		[min ⁻¹]	32-65	30-60	24-60	12,24	8,37
Pracovní výška		[mm]	900	800	900	800	
Objem olejové nádrže		[l]	40		50		160
Napětí		[V]	3x380				
Příkon hlavního elektromotoru		[kW]	3	2,2	4	5,5	15
Rozměry stroje	délka	[mm]	1 500	1 740	2 600		3 900
	šířka	[mm]	1 600	1 500	1 700		2 600
	výška	[mm]	1 350	1 450	1 700	1 800	2 250
Hmotnost		[kg]	790	850	2 200	2 700	8 500

Tab. č. 2.1.1 Parametry různých typů HNH. [9]

Mezi normální příslušenství nůžek HNH patří technická dokumentace a návod k obsluze, souprava nářadí pro seřízení a údržbu, elektrický počítač zdvihů, regulace úhlu stříhu, regulace střížné vůle atd.

Poté mezi zvláštní příslušenství nůžek HNH patří např. náhradní nože, úhloměr, přední boční pravý doraz se stupnicí a tak dále.

2.2 Padací hydraulické nůžky NHM

Nůžky splňují požadavky, které jsou nastaveny pro výrobu při přímočarém stříhání tabulí a pásů. Tyto hydraulické nůžky stříhají materiály, které jsou vyrobeny z ocelových i nezelezných kovů a z jiných materiálů stejných vlastností. Jednoduchá konstrukce zabezpečuje bezproblémový provoz a snadnou obsluhu hydraulických nůžek. Nůžky NHM jsou v základním modelu vybaveny funkcemi, jež dávají možnost ovládat přestavení střížné vůle a nastavení úhlu stříhu. Nůžky lze využít v dílnách zámečnických, údržbářských či strojních.

Pro tyto nůžky je typickým znakem velmi masivní a tuhá konstrukce s vysokou spolehlivostí. Činné části těchto strojů jsou vyrobeny z velmi kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny a broušeny. Nože na nůžkách lze opakovaně brousit.



Obr. č. 2.2.1 Typ NHM. [9]

Typ		NHM 3000/6	NHM 3000/6T	NHM 3000/10	NHM 3000/10T	NHM 3000/16T	
Pracovní délka		[mm]	3 050				
Max.tloušťka plechu při pevnosti 450 MPa		[mm]	6		10		16
Vyložení		[mm]	-	350	-	350	
Vysunutí zadního dorazu		[mm]	5-1000				10-1000
Úhel stříhu		[°]	0,5-2		0,5-2,5		0,5-3
Počet zdvihů		[1/min]	20/500		18/500		12/500
Max. počet zdvihů v max. délce		[1/min]	12,50		10,50		8,50
Pracovní výška stolu		[mm]	900				
Napětí		[V]	3 x 400				
Příkon		[kW]	8		11,4		40
Rozměry stroje	délka	[mm]	4 160		4 200		4 400
	šířka	[mm]	2 770		2 800		3 000
	výška	[mm]	2 390		2 450		2 600
Hmotnost		[kg]	6 800	7 150	8 120	8 500	16 800

Tab. č. 2.2.1 Parametry různých typů NHM. [9]

K normálnímu příslušenství u nůžek NHM patří např. technická dokumentace a návod k obsluze, bezpečnostní kryt pracovního prostor, elektrický počítač zdvihů, regulace střížné vůle, hydraulický pohon, souprava nářadí pro seřízení a údržbu a tak dále.

K zvláštnímu příslušenství se řadí např. úhlové pravítko, podpěrné rameno se stojinou, náhradní nože, vyhotovení v jiných bezpečnostních normách atd.

2.3 Tabulové hydraulické nůžky TS

Součástí těchto hydraulických nůžek jsou spodní hydraulické válce. Od ostatních nůžek se nůžky TS (Obr. č. 2.3.1) liší klouzavým pohybem berana, což usnadňuje lehké nastavení vůle a také nastavení úhlu stříhu na odstranění vrtulovitých odstřížků z tenčích plechů. Standardní systém SP8 poskytuje digitální odměřování dorazu, předvolbu jedné polohy zadního dorazu, počítání stříhů a také poskytuje možnost ručně si přestavit střížnou vůli do dvou sekund. Řídicí systém s označením SC 70 již poskytuje kompletní CNC programování stroje pro plynulou výrobu.



Obr. č. 2.3.1 Typ TS. [3]

Typ		TS 2006	TS 3006	TS 3012
Tloušťka stříhaného materiálu – standard	[mm]	6	6	12
Tloušťka stříhaného materiálu – nerez	[mm]	3	3	6
Maximální střížná délka	[mm]	2050	3050	3050
Přestavitelnost úhlu stříhu	[°]	0,5-3	0,5-3	0,5-3
Počet přidržovačů plechu	[ks]	13	18	18
Počet stříhů za minutu (min.reálných/kontinuálních)	[stříhů/min.]	10.15	8.14	7.14
Délka pravoúhlého dorazu	[mm]	1000	1000	1000
Zadní doraz motorický	[mm]	750	750	-
Zadní doraz automatický doplňkový	[mm]	820	820	-
Zadní doraz odklopný	[mm]	-	-	1000
Pracovní výška stroje	[mm]	770	770	900
Výkon elektromotoru	[kW]	7,5	7,5	22,5
Délka stroje	[mm]	2800	3800	4200
Šířka stroje bez zadané zábrany	[mm]	1650	1650	2030
Šířka stroje se zadanou zábranou	[mm]	2700	2700	2800
Výška stroje	[mm]	1700	1750	2030
Celková hmotnost	[kg]	3500	4500	8500

Tab. č. 2.3.1 Parametry tabulových nůžek TS. [3]

2.4 Tabulové hydraulické nůžky SST

Tabulové nůžky SST jsou vybaveny horními hydraulickými válci a mají kyvný pohyb střížné traverzy (vyhovující pro stříhání krátkých stříhů). Ovšem kyvný systém nůžek SST nejde nastavit na úhel stříhu, ale u typu TS to již možné je. Dvojčinné hydraulické válce jsou schopny stříhat maximální tloušťku díky oběma hydraulickým válcům. Zatímco při stříhání tenčích plechů se používá pouze jeden hydraulický válec. Díky tomuto systému je rychlost stříhu srovnatelná s elektromechanickými nůžkami.

Standardní systém SP8 poskytuje digitální odměřování dorazu, počítání stříhů a ručně přestavitelnou střížnou vůli do dvou sekund. Řídicí systém s označením SC 70 již nabízí kompletní CNC programování stroje pro plynulou výrobu.



Obr. č. 2.4.1 Typ SST. [2]

Typ		SST 1504	SST 2004	SST 2504
Tloušťka stříhaného materiálu – standard	[mm]	4	4	4
Maximální střížná délka	[mm]	1560	2060	2560
Úhel stříhu – pevný	[° ']	1°20'	1°20'	1°30'
Počet přidržovačů plechu	[ks]	9	12	14
Počet stříhů za minutu (dva válce/jeden válec)	[stříhů/min.]	30/55	30/48	30/42
Zadní motorový automat odklopného dorazu	[mm]	650	650	650
Délka předního pravoúhlého dorazu	[mm]	1000	1000	1000
Výkon elektromotoru	[kW]	7,5	7,5	7,5
Délka stroje	[mm]	2150	2700	3300
Šířka stroje	[mm]	1750	1750	1750
Výška stroje	[mm]	1700	1700	1700
Pracovní výška stolu	[mm]	820	820	858

Tab. č. 2.4.1 Parametry tabulových nůžek SST. [2]

2.5 Vysokorychlostní střížné nůžky Clean & Square Edges

Tyto vysokorychlostní nůžky (Obr. č. 2.5.1) jsou vysoce produktivní, přesné a snadno ovladatelné. Výroba těchto nůžek je založena na dlouholeté zkušenosti v oblasti zpracování kovů a tato společnost nabízí hydraulické nůžky tisícům zákazníků.

Těmto hydraulickým vysokorychlostním nůžkám stačí zadat materiál a tloušťku plechu a stroj už sám vypočítá střížnou sílu a požadovaný úhel nože.

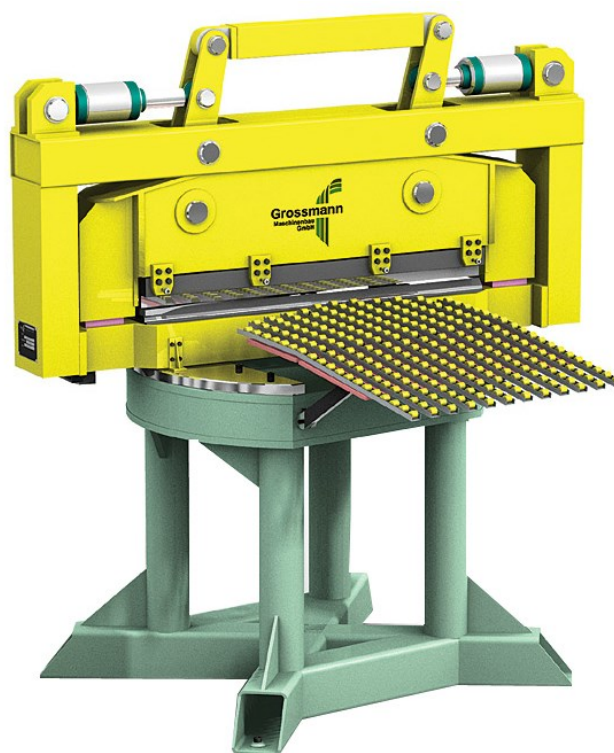
Zesílený svařovaný rám nůžek má vysokou pevnost a snižuje chvění. Pro tišší chod systému je použit vnitřní zubový hydrogenerátor. Ostří nože ze speciální strojové oceli má dlouhou životnost. Dá se rychle a snadno nastavit s dobrou přesností. Nůž je obdélníkového tvaru, což mu zajišťuje delší životnost, jelikož lze využít všechny 4 hrany.



Obr. č. 2.5.1 Vysokorychlostní střížné nůžky Clean & Square Edges. [11]

2.6 SpeedCut 1000/3 vysokorychlostní nůžky

Tento typ má patentovanou kinematiku. Nůž je poháněn lineárními hydraulickými válci. Nůž se pohybuje směrem dolů. Sinusový pohyb umožňuje hladký průběh běhu. Nože jsou snadno vyměnitelné. Jdou snadno a přesně nastavit. SpeedCut vysokorychlostní nůžky (Obr. č. 2.5.1) jsou i jako otočné.



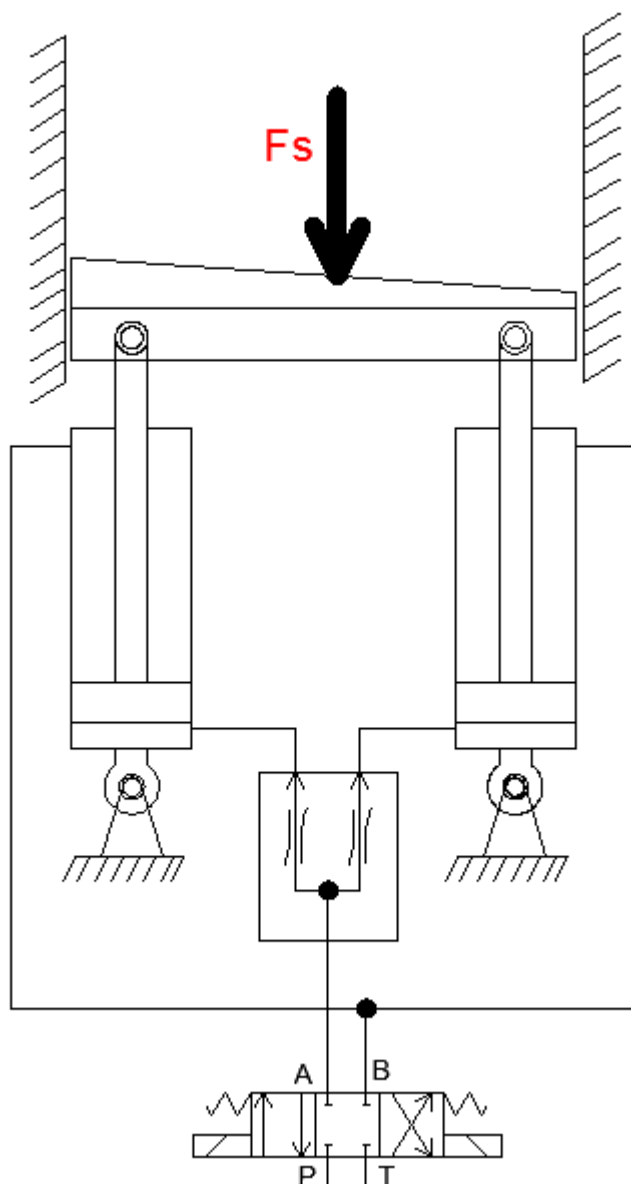
Obr. č. 2.6.1 Vysokorychlostní nůžky. [12]

Typ		SpeedCut 1000/3
Šířka pásma	[mm]	1000
Tloušťka	[mm]	3
Materiál		ocel
	[N/mms ²]	pevnost v tahu 610
	[N/mms ²]	pevnost ve smyku 488
Doba cyklu na sekci	[s]	0,06
Počet stříhu	[ks/min]	Max 200

Tab. č. 2.6.1 Parametry SpeedCut 1000/3. [12]

3. Různé řešení hydraulického pohonu rychlonůžek

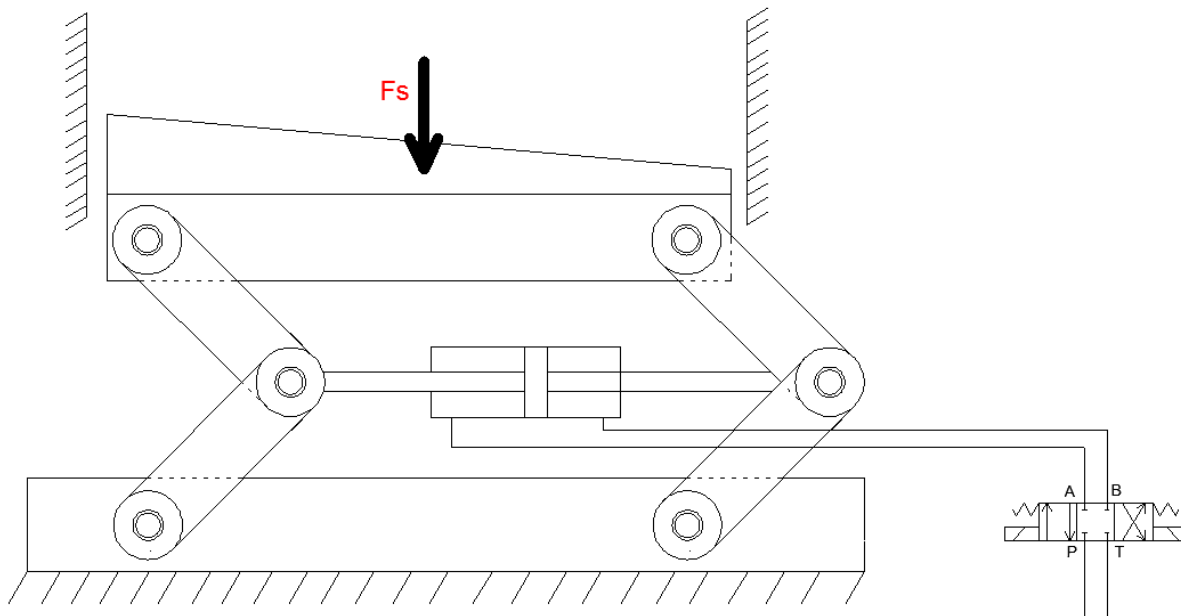
3.1 Hydraulický pohon rychlonůžek s dvěma hydraulickými válci se synchronizací pomocí pístkového děliče



Obr. č. 3.1.1 Návrh hydraulického pohonu s dvěma hydraulickými válci se synchronizací pomocí pístkového děliče.

Zdvih nože rychlonůžek řeším pomocí dvou hydraulických válců s jednostrannou pístnicí (Obr. č. 3.1.1). Pro synchronizovaný zdvih volím pístkový dělič, který mi umožní rovnoměrné rozdělení průtoku. Střížnou sílu, v které je i tíha nože, potřebuji pro přestřižení plechu. Síla působí přímo proti pohybu hydraulických válců. Mohl bych počítat, že by se střížná síla rovnoměrně rozdělila do hydraulických válců.

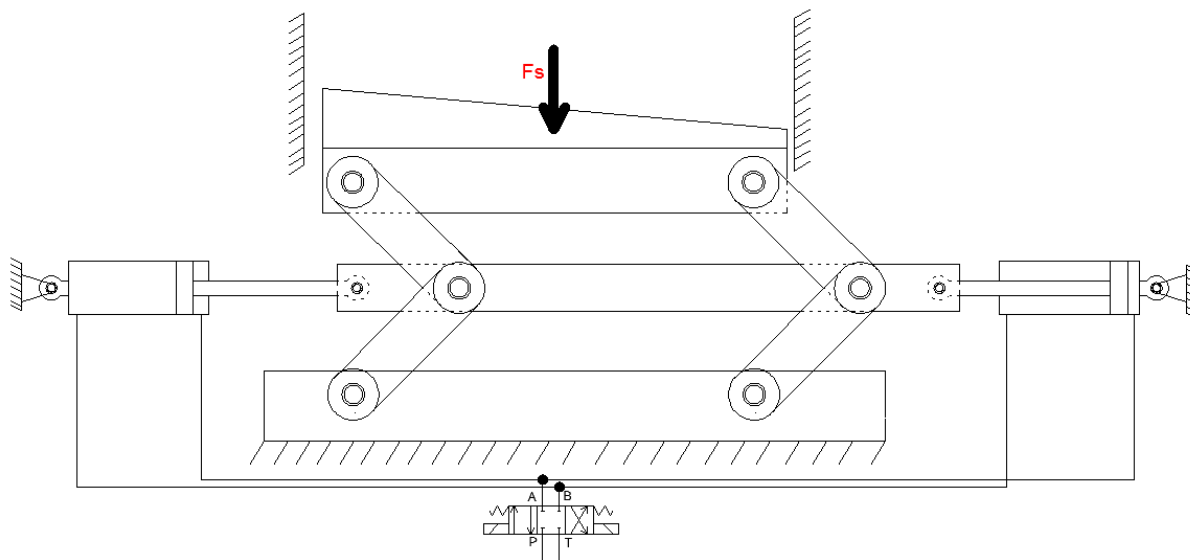
3.2 Hydraulický pohon rychlonůžek s oboustrannou pístnicí hydraulického válce



Obr. č. 3.2.1 Návrh hydraulického pohonu s oboustrannou pístnicí hydraulického válce.

Zvedání nože rychlonůžek řeším pomocí kloubového mechanismu s oboustrannou pístnicí hydraulického válce, na obrázku číslo 3.2.1. Nůž rychlonůžek se rovnoměrně zvedá díky kloubovému mechanismu se stejnými délkami ramen a s pomocí vedení nože. Při pohybu pístu zleva doprava nebo zprava doleva nůž vždy koná stříh plechu směrem nahoru a směrem dolů se nůž vrací do polohy, ve které je připraven k dalšímu stříhu. Sílu hydraulického válce, která je nutná pro přestřížení plechu, bych musel spočítat přes kinematiku, a to pomocí uvolňování těles.

3.3 Hydraulický pohon rychlonůžek se dvěma hydraulickými válci



Obr. č. 3.3.1 Návrh hydraulického pohonu s dvěma hydraulickými válci

Už z pohlednutí na obrázek číslo 3.3.1 je zřejmé, že se jedná o podobný systém jako u předchozí varianty. Rozdílné je, že pracují s dvěma hydraulickými válci s jednostrannou pístnicí. Pro pohyb nože rychlonůžek budou muset oba hydraulické válce vyvinout potřebnou sílu. Potřebnou sílu na hydraulické válce vypočtu přes metodu uvolňování těles.

3.4 Zvolení vhodného řešení

Volím třetí variantu, kdy o pohyb nože rychlonůžek se starají dva hydraulické válce s jednostrannou pístnicí. Tato varianta se mi jeví jako nejlepší řešení pro pohon rychlonůžek. Nevyužil jsem první variantu, jelikož si myslím, že je již dost používaná a pístnice při stříhání se musí vysunout a zasunout oproti dalším variantám, kde dojde jen k vysunutí nebo zasunutí. U druhé varianty je špatný přístup k hydraulickému válci a válec musí být podstatně větší oproti třetí variantě. Třetí varianta bude mít větší stabilizaci díky přichycení hydraulických válců. Doplním obvod o akumulátor pro tlumení rázu a pulzací.

4. Potřebné technické a pevnostní výpočty

4.1 Potřebné sílové výpočty

- **Střižná síla**

Při výpočtech střižné síly musím počítat i s hmotností nože, který budu zvedat:

$$F_H = m_H \cdot g = 600 \cdot 9,81 = 5886 \text{ N} \quad (4.1.1)$$

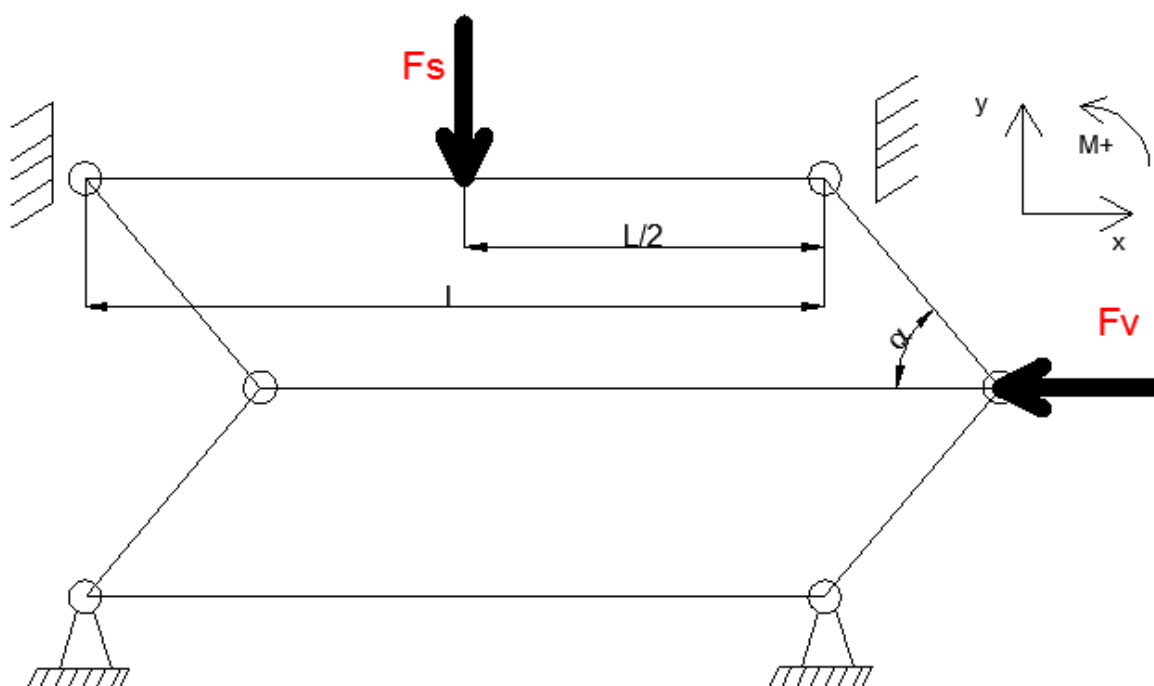
kde m_H hmotnost nože 600 kg
g tíhové zrychlení $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

$$F_S = \tau_{PS} \cdot \frac{s^2}{\tan \varphi} + F_H = 500 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,003^2}{\tan 4^\circ} + 5886 = 69239 \text{ N} \quad (4.1.2)$$

kde τ_{PS} materiál oceli třídy 11 500 s pevností ve stříhu 440-530 MPa, volím 500 MPa
s tloušťka stříhaného plechu 3 mm
 φ úhel sklonu nože 2-6° pro tabulové nože, volím 4°

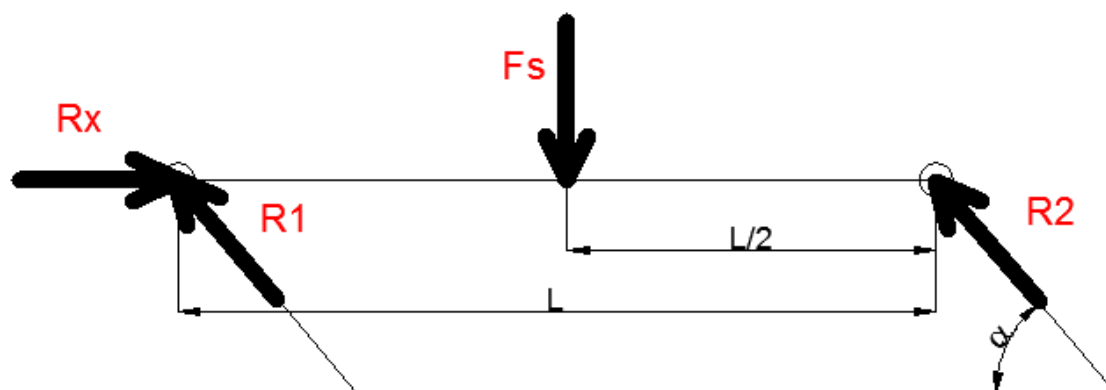
- **Početní řešení pomocí kinematiky**

Pomocí metody uvolňování těles se dopočítám síly v táhlech, až dojdou k potřebné síle pro hydraulické válce. Schéma mechanismu i se zavedeným souřadnicovým systémem je na obrázku číslo 4.1.1. Kde známe sílu F_s ze vzorce číslo 4.1.2, délka $L = 1100 \text{ mm}$ a úhel $\alpha = 50^\circ$. Po dobu stříhu počítám s konstantní střižnou silou F_s , která působí uprostřed nože.



Obr. č. 4.1.1 Schéma mechanismu i se zavedeným souřadnicovým systémem.

- Na začátku uvolním první těleso z obrázku číslo 4.1.2.



Obr. č. 4.1.2 Uvolněné těleso číslo 1.

$$\Sigma F_{xi} = 0 \rightarrow R_x - R1 \cdot \cos \alpha - R2 \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.1.3)$$

$$\Sigma F_{yi} = 0 \rightarrow -F_s + R1 \cdot \sin \alpha + R2 \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4.1.4)$$

$$\Sigma M_{R1} = 0 \rightarrow -F_s \cdot \frac{L}{2} + R2 \cdot \sin \alpha \cdot L = 0 \quad (4.1.5)$$

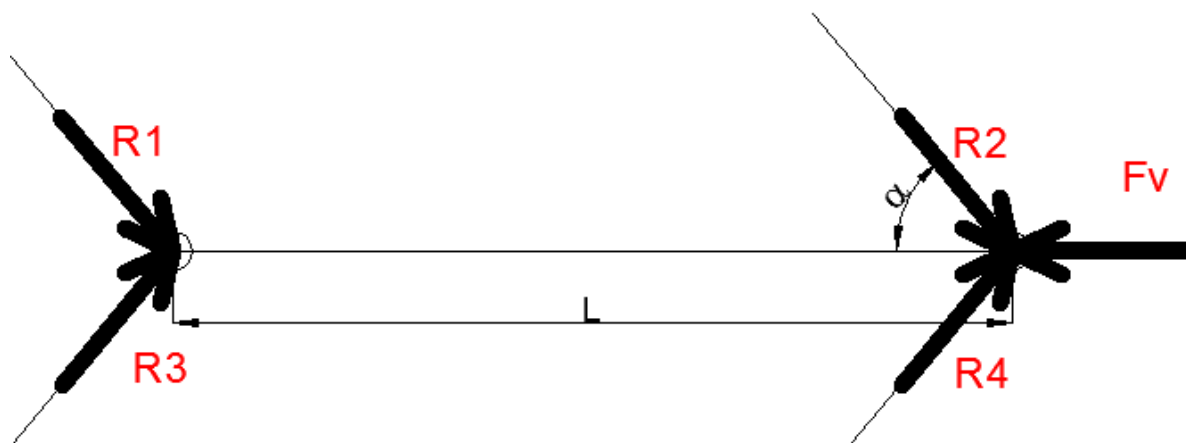
Z rovnice číslo 4.1.5 si vypočtu reakci R2.

$$R2 = \frac{F_s \cdot \frac{L}{2}}{\sin \alpha \cdot L} = \frac{69239}{\sin 50^\circ \cdot 2} = 45192,54765 \text{ N} \quad (4.1.6)$$

Dále z rovnice číslo 4.1.4 si vypočtu reakci R1.

$$R1 = \frac{F_s - \sin \alpha \cdot R2}{\sin \alpha} = \frac{69239 - \sin 50^\circ \cdot 45192,54765}{\sin 50^\circ} = 45192,54765 \text{ N} \quad (4.1.7)$$

• **Další uvolnění tělesa číslo 2 z obrázku číslo 4.1.3.**



Obr. č. 4.1.2 Uvolněné těleso číslo 2.

$$\Sigma F_{xi} = 0 \rightarrow -Fv + R1 \cdot \cos \alpha + R2 \cdot \cos \alpha + R3 \cdot \cos \alpha + R4 \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.1.8)$$

$$\Sigma F_{yi} = 0 \rightarrow -R1 \cdot \sin \alpha - R2 \cdot \sin \alpha + R3 \cdot \sin \alpha + R4 \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4.1.9)$$

$$\Sigma M_{R1,3} = 0 \rightarrow -R2 \cdot \sin \alpha \cdot L + R4 \cdot \sin \alpha \cdot L = 0 \quad (4.1.10)$$

$$\Sigma M_{R2,4} = 0 \rightarrow R1 \cdot \sin \alpha \cdot L - R3 \cdot \sin \alpha \cdot L = 0 \quad (4.1.11)$$

Z rovnice číslo 4.1.10 je patrné, že reakce 4 se rovná reakci 2 a z rovnice číslo 4.1.11 je zase patrné, že reakce 1 se rovná reakci 3.

Dále z rovnice číslo 4.1.4 si vyjádřím vztah reakcí k síle.

$$R1 + R2 = \frac{F_s}{\sin \alpha} \quad (4.1.12)$$

Z rovnice 4.1.8 si vypočtu sílu na válec Fv.

$$\begin{aligned} Fv &= (R1 + R2 + R3 + R4) \cdot \cos \alpha = \\ &= \left(\frac{F_s}{\sin \alpha} + \frac{F_s}{\sin \alpha} \right) \cdot \cos \alpha = \frac{2 \cdot F_s}{\tan 50^\circ} = \frac{2 \cdot 69239}{\tan 50^\circ} = 116196,8 \text{ N} \end{aligned} \quad (4.1.13)$$

Zbylé reakce nepočítám, protože to není v zadání a je to spíše práce konstruktéra rychlonůžek.

- **Plocha pístu**

$$S_{Dh} = \frac{\pi \cdot D_h^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 0,00503 \text{ m}^2 = 50,3 \text{ cm}^2 \quad (4.1.14)$$

kde D_h průměr pístu volím 80 mm

- **Plocha mezikruží**

$$S_{dh} = \frac{\pi \cdot (D_h^2 - d_h^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,08^2 - 0,056^2)}{4} = 0,00256 \text{ m}^2 = 25,6 \text{ cm}^2 \quad (4.1.15)$$

kde d_h průměr pístnice volím 56 mm

- **Potřebný tlak ve válcích při stříhu**

Vzhledem k tomu, že nůž začne stříhat až při vysunutí pístnice o 10mm, tak úhel α se změní na $52,5048^\circ$. Takže musím přepočítat sílu F_v .

$$F_v = \frac{2 \cdot F_s}{\tan 52,5048^\circ} = \frac{2 \cdot 69239}{\tan 52,5048^\circ} = 106239 \text{ N} \quad (4.1.16)$$

$$F_v = F_{1h} + F_{2h}$$

$$F_v = p \cdot S_{Dh} + p \cdot S_{dh}$$

$$116196,8 = 0,00503 \cdot p + 0,00256 \cdot p \quad (4.1.17)$$

$$p = \frac{106239}{0,00759} = 13997295,93 \text{ Pa} = 139,97 \text{ bar}$$

- **Síla na plné ploše pístu**

$$F_{1h} = p \cdot S_1 = 13997295,93 \cdot 0,00503 = 70406,4 \text{ N} \quad (4.1.18)$$

- **Síla na mezikruží pístu**

$$F_{2h} = p \cdot S_2 = 13997295,93 \cdot 0,00256 = 35833,1 \text{ N} \quad (4.1.19)$$

V tabulce číslo 4.1.1 je vypočten průběh tlaku ve válcích. Uvažuji, že při zdvihu 0 mm až 10 mm zvedám jenom tíhu nože. Pak při zdvihu od 10 mm do 140 mm potřebuji k přestřihnutí

plechu střížnou sílu F_s . Při zdvihu od 140 mm do 150 mm zvedám tíhu nože F_H a od 150 mm do 300 mm pomáhá tíha nože hydraulickým válcům do pozice k novému cyklu stříhání.

Střížná síla(F_s)		69,239	kN	Působící síla
Tíha nože (F_H)		5,886	kN	
Vysunutí [mm]	Úhel [°]	Radiány [rad]	tlak p [bar]	
0	49,29429	0,860348	13,34329	F_H
10	52,50475	0,916381	139,9732	F_s
20	55,58261	0,9701	125,0061	
30	58,55102	1,021908	111,5809	
40	61,42812	1,072123	99,35772	
50	64,22854	1,120999	88,0867	
60	66,96432	1,168748	77,5787	
70	69,64559	1,215545	67,68657	
80	72,28107	1,261543	58,293	
90	74,87833	1,306873	49,30226	
100	77,44414	1,351655	40,63439	
110	79,98459	1,395994	32,2211	
120	82,50528	1,439989	24,00262	
130	85,01146	1,48373	15,92536	
140	87,50809	1,527304	7,940028	
150	90	1,570796	0	-
160	87,50809	1,527304	-0,67498	F_H
170	85,01146	1,48373	-1,35381	
180	82,50528	1,439989	-2,04046	
190	79,98459	1,395994	-2,73911	
200	77,44414	1,351655	-3,45433	
210	74,87833	1,306873	-4,19118	
220	72,28107	1,261543	-4,95548	
230	69,64559	1,215545	-5,75403	
240	66,96432	1,168748	-6,59496	
250	64,22854	1,120999	-7,48824	
260	61,42812	1,072123	-8,44639	
270	58,55102	1,021908	-9,48548	
280	55,58261	0,9701	-10,6268	
290	52,50475	0,916381	-11,8991	
300	49,29429	0,860348	-13,3433	

Tab. č. 4.1.1 Průběh tlaku ve válcích.

V příloze A Průběh tlaků, číslo výkresu 1-SEB192-1 v listu 2/2 je znázorněn graficky průběh tlaku ve válcích v závislosti na čase z tabulky číslo 4.1.1. Délku celého průběhu volím 0,86 s. V listu 1/2 je graf tlaku na plnou plochu hydraulického válce z měření. Z obou grafů je

patrné, že průběh grafu pomocí výpočtů a měření se shoduje. Na začátku se ustálená hodnota najednou náhle zvedne do maximální hodnoty a pak rychleji klesne až k velmi malým hodnotám. Z toho soudím, že jsem výpočet provedl správně.

4.2 Potřebné výpočty pro hlavní válce

- **Průtok na plnou plochu hlavního válce**

$$Q_{1h} = S_{Dh} \cdot v = 0,00503 \cdot 0,35 = 0,00176 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 105,63 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.2.1)$$

kde v rychlost vysouvání tedy i zasouvání volím $0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- **Průtok na mezikruží hlavního válce**

$$Q_{2h} = S_{dh} \cdot v = 0,00256 \cdot 0,35 = 0,000896 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 53,76 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.2.2)$$

- **Celkový průtok potřebný průtok pro střih a také průtok do odpadu**

$$Q_{Ch} = Q_{1h} + Q_{2h} = 0,00176 + 0,000896 = 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 159,36 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.2.3)$$

- **Potřebný objem kapaliny ve válcích pro střih**

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 = S_{Dh} \cdot h_h + S_{dh} \cdot h_h = \\ &= 0,00503 \cdot 0,3 + 0,00256 \cdot 0,3 = 0,002277 \text{ m}^3 = 2,28 \text{ dm}^3 \end{aligned} \quad (4.2.4)$$

kde h_h zdvih válce 300 mm

- **Čas vysunutí a také zasunutí pístnice**

$$t_{sh} = \frac{h_h}{v} = \frac{0,3}{0,35} = 0,86 \text{ s} \quad (4.2.5)$$

- **Střední průtok od hydrogenerátoru**

$$\begin{aligned} Q_{STR} &= \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i}{t_{celk}} = \frac{0,00176 \cdot 0,86 + 0,000896 \cdot 0,86}{0,86 + 0,86} = \\ &= 1,328 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 79,68 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned} \quad (4.2.6)$$

- **Výkon elektrického motoru**

$$P_{eleh} = Q_{STR} \cdot p = 1,328 \cdot 10^{-3} \cdot 13997295,93 = 18588,4 \text{ W} = 18,6 \text{ kW} \quad (4.2.7)$$

- **Geometrický objem hydrogenerátoru**

$$V_{gHGh} = \frac{Q_{STR}}{n_{ELh}} = \frac{1,328 \cdot 10^{-3}}{24,167} = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 55 \text{ cm}^3 \quad (4.2.8)$$

kde n_{ELh} otáčky elektrického motoru volím $1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

4.3 Potřebné výpočty pro válce přidržovače plechu

Síla přidržovače byla určena dle zkušeností, přičemž se tato síla počítá pro daný typ stříhaného plechu.

- **Síla přidržovače plechu**

$$F_P = \frac{F_S}{x_P} = \frac{69239}{9} = 7693,22 \text{ N} \quad (4.3.1)$$

kde: -bezpečnost přidržení $x_P = 8-10$

- **Potřebná síla jednoho hydraulického válce pro přidržení plechu**

Pro přidržení plechu volím čtyři hydraulické válce k_{SHV} .

$$F_{PHV} = \frac{F_P}{k_{SHV}} = \frac{7693,22}{4} = 1923,3 \text{ N} \quad (4.3.2)$$

- **Plocha pístu**

$$S_D = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} = 0,0008 \text{ m}^2 = 8 \text{ cm}^2 \quad (4.3.3)$$

kde D_p průměr pístu 32 mm

- **Plocha pístnice**

$$S_d = \frac{\pi \cdot (D_p^2 - d_p^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,032^2 - 0,02^2)}{4} = 0,00049 \text{ m}^2 = 4,9 \text{ cm}^2 \quad (4.3.4)$$

kde d_p průměr pístnice 20 mm

- **Tlak na plné ploše pístu přidržovače při stříhu**

$$p_{pr} = \frac{F_{PHV}}{S_D} = \frac{1923,3}{0,0008} = 2404125 \text{ Pa} = 24 \text{ bar} \quad (4.3.5)$$

Tlak pro přidržení plechu hydraulickým válcem (přidržovačem) volím 25 bar.

- **Čas vysunutí pístnice**

$$t_s = \frac{h_p}{v_s} = \frac{0,03}{0,15} = 0,2 \text{ s} \quad (4.3.6)$$

kde h_p zdvih válce 30 mm

v_s rychlost vysouvání volím $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- **Čas zasunutí pístnice**

$$t_z = \frac{h_p}{v_z} = \frac{0,03}{0,25} = 0,12 \text{ s} \quad (4.3.7)$$

kde v_z rychlost zasouvání volím $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- **Průtok na plnou plochu pístu, tedy vysunutí a přidržení plechu**

$$Q_1 = S_D \cdot v_s = 0,0008 \cdot 0,15 = 0,00012 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 7,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.3.8)$$

- **Průtok na mezikruží pístu, tedy zasunutí a uvolnění plechu**

$$Q_2 = S_d \cdot v_z = 0,00049 \cdot 0,25 = 0,0001225 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 7,35 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.3.9)$$

- **Celkový průtok od hydrogenerátoru pro přidržení plechu**

$$Q_{HG1} = Q_1 \cdot k_{s_{HV}} = 0,00012 \cdot 4 = 0,00048 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 28,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.3.10)$$

- **Celkový průtok od hydrogenerátoru pro uvolnění plechu**

$$Q_{HG2} = Q_2 \cdot k_{s_{HV}} = 0,0001225 \cdot 4 = 0,00049 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 29,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.3.11)$$

- **Výkon elektrického motoru**

$$P_{eleh} = Q_{HG2} \cdot p_{př} = 0,00049 \cdot 2500000 = 1225 \text{ W} = 1,2 \text{ kW} \quad (4.3.12)$$

- **Geometrický objem hydrogenerátoru**

$$V_{gHG} = \frac{Q_{HG2}}{n_{EL}} = \frac{4,9 \cdot 10^{-4}}{24,167} = 2,03 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 20,3 \text{ cm}^3 \quad (4.3.13)$$

kde n_{EL} otáčky elektrického motoru volím $1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

4.4 Návrh vakuového akumulátoru

• Pokles tlaku

$$p_{pokles} = \frac{p_2 - p_1}{p_2} \cdot 100 = \frac{14 \cdot 10^6 - 11,4 \cdot 10^6}{14 \cdot 10^6} \cdot 100 = 18,57 \% \quad (4.4.1)$$

kde p_2 maximální hodnota tlaku v akumulátoru $14 \cdot 10^6$ Pa

p_1 minimální hodnota tlaku v akumulátoru $11,4 \cdot 10^6$ Pa

• Poměr tlaku

$$P_{pom} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{14 \cdot 10^6}{11,4 \cdot 10^6} = 1,2 \quad (4.4.2)$$

• Plnicí tlak

$$p_o = 0,9 \cdot (p_1 + 0,1) = 0,9 \cdot (11,4 \cdot 10^6 + 0,1 \cdot 10^5) = 10269000 \text{ Pa} = 102,69 \text{ bar} \quad (4.4.3)$$

• Objem plynu v akumulátoru

$$V_{plyn} = \frac{V}{\left(\frac{p_o}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{p_o}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}} = \frac{0,0023}{\left(\frac{10,269 \cdot 10^6}{11,4 \cdot 10^6}\right)^{\frac{1}{1,4}} - \left(\frac{10,269 \cdot 10^6}{14 \cdot 10^6}\right)^{\frac{1}{1,4}}} =$$
$$= 0,01816 \text{ m}^3 = 18,16 \text{ dm}^3 \quad (4.4.4)$$

kde V užitečný objem akumulátoru $0,0023 \text{ m}^3$, vypočteno ve vzorci (4.2.4)

n exponent pro adiabatickou změnu 1,4

• Objem plynu v akumulátoru po korekci

$$V_k = V_{plyn} \cdot ca = 0,01816 \cdot 1,1 = 0,01997 \text{ m}^3 = 19,997 \text{ dm}^3 \quad (4.4.5)$$

kde ca konstanta korekce 1,1

• Plnicí tlak při plnění (20°C)

$$p_{20} = \frac{p_o \cdot t_{20}}{t_{prac}} = \frac{10,269 \cdot 10^6 \cdot (20 + 273)}{55 + 273} = 9173222,6 \text{ Pa} = 91,73 \text{ bar} \quad (4.4.6)$$

kde T_{prac} pracovní teplota 55 °C

4.5 Chlazení

4.5.1 Velikost chladiče

V tabulce číslo 4.5.1.1 je výpočet pomocí programu od společnosti Interfluid. [5] Druhý hydrogenerátor z důvodu malého tlaku zanedbávám. Volím hydraulický olej Paramo HV 46, který odpovídá viskozitní třídě ISO VG 46.

ks_č - Počet hydrogenerátoru	1	[ks]
V_{nádrž} - Velikost nádrže	400	[dm ³]
t_o - Teplota okolí	35	[°C]
p - Pracovní tlak	14	[MPa]
Q - Průtok	89,8	[dm ³ ·min ⁻¹]
f_{č1} - Časový faktor průměrný	1	[0-1]
S_{nádrž} - Povrch nádrže	4,2	[m ²]
k_č - Součinitel prostupu tepla nádrže	8	[W·m ⁻² ·C ⁻¹]
t_{olej} - Ustálená teplota oleje	55	[°C]
p_p - Tlakový spád na prvcích	1	[MPa]
f_{č2} - Časový faktor průměrný	0,6	[0-1]
ks_p - Počet prvků	1	[ks]
Φ_v - Teplo přiváděné z venku	0	[kW]
η_G - Průtoková účinnost hydrogenerátoru	0,9	[-]
m_k - Hmotnost kovových částí	1000	[kg]
c₁ - Měrné skupenské teplo kovu	450	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
c - Měrné skupenské teplo kapaliny	1800	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
ρ - Hustota kapaliny	890	[kg·m ³]
t_{o1} - Počáteční teplota oleje	35	[°C]
T - Časová konstanta	32464,2857	[s]
Q_i - Velikost lekáže	8,98	[dm ³ ·min ⁻¹]
Φ_{HG} - Teplo z provozu HG	2,09	[kW]
Φ_p - Teplo přivedené průtokem	0,9	[kW]
Φ_z - Celkový ztrátový tepelný výkon	2,99	[kW]
t_u - Ustálená teplota	124	[°C]
Φ_N - Teplo odvedené nádrží	0,672	[kW]
Φ_C - Chlazený výkon	2,32	[kW]
τ_o - Doba ohřátí oleje na teplotu 55 °C	137,7	[min]

Tab. č. 4.5.1.1 Výpočet pomocí programu od firmy Interfluid. [5]

Jsou použity tyto vzorce:

- Časová konstanta

$$T = \frac{m_k \cdot c_1 + V_{nádrž} \cdot \rho \cdot c}{k_{\check{c}} \cdot S_{nádrž}} = \frac{1000 \cdot 450 + 0,4 \cdot 890 \cdot 1800}{8 \cdot 4,2} = 32464,29 \text{ s} \quad (4.5.1.1)$$

- **Velikost lekáže**

$$Q_l = k_{S_{\epsilon}} \cdot Q \cdot (1 - \eta_G) = 1 \cdot 1,496 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,9) = 1,496 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 8,98 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.5.1.2)$$

- **Teplo z provozu hydrogenerátoru**

$$\Phi_{HG} = k_{S_{\epsilon}} \cdot Q_l \cdot p \cdot f_{\epsilon 1} = 1 \cdot 1,496 \cdot 10^{-4} \cdot 14000000 \cdot 1 = 2094 \text{ W} = 2,09 \text{ kW} \quad (4.5.1.3)$$

- **Teplo přivedené průtokem**

$$\Phi_p = k_{S_p} \cdot Q \cdot p_p \cdot f_{\epsilon 2} = 1 \cdot 1,496 \cdot 10^{-3} \cdot 1000000 \cdot 0,6 = 897,6 \text{ W} = 0,9 \text{ kW} \quad (4.5.1.4)$$

- **Celkový ztrátový tepelný výkon**

$$\Phi_z = \Phi_{HG} + \Phi_p + \Phi_v = 2094 + 897,6 + 0 = 2991,6 \text{ W} = 2,99 \text{ kW} \quad (4.5.1.5)$$

- **Ustálená teplota**

$$t_u = \frac{\Phi}{S_{nádrž} \cdot k_{\epsilon}} + t_0 = \frac{2991,6}{4,2 \cdot 8} + 35 = 124 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.5.1.6)$$

- **Teplo odevzdané nádrží**

$$\Phi_N = (t_{olej} - t_o) \cdot k_{\epsilon} \cdot S_{nádrž} = (55 - 35) \cdot 8 \cdot 4,2 = 672 \text{ W} = 0,672 \text{ kW} \quad (4.5.1.7)$$

- **Potřebný výkon chladiče**

$$\Phi_c = \Phi - \Phi_N = 2991,6 - 672 = 2319,6 \text{ W} = 2,32 \text{ kW} \quad (4.5.1.8)$$

- **Doba ohřátí oleje na teplotu 55°C**

$$\tau_o = T \cdot \ln \cdot \frac{t_u - t_{01}}{t_u - t_{olej}} = 32464,29 \cdot \ln \cdot \frac{124 - 35}{124 - 55} = 8263,13 \text{ s} = 137,7 \text{ min} \quad (4.5.1.9)$$

Průběh oteplování oleje v obvodu je znázorněn na obrázku číslo 4.5.1.1. Na obrázku je dále graficky vyznačena ustálená teplota, čas dosažení maximální přípustné teploty a maximální přípustná teplota. V čase T dosahuje teplotní rozdíl 63,2 % své maximální hodnoty, v čase 2T to je 86,5 % a v čase 3T pak 95 % maximální hodnoty.

čas	čas τ [s]	teplota t [°C]
0	0	35
0,1.T	3246,429	43,47286846
0,2.T	6492,857	51,13943688
0,3.T	9739,286	58,07643485
0,5.T	16232,14	70,03282376
0,7.T	22725	79,82188706
T	32464,29	91,28130547
2T	64928,57	111,9860407
3T	97392,86	119,6028871
XT	120000	121,8264315

Tab. č. 4.5.1.1 Průběh oteplování.

Použité vzorce v tabulce číslo 4.5.1.1 pro znázornění průběhu oteplování, pro druhý řádek:

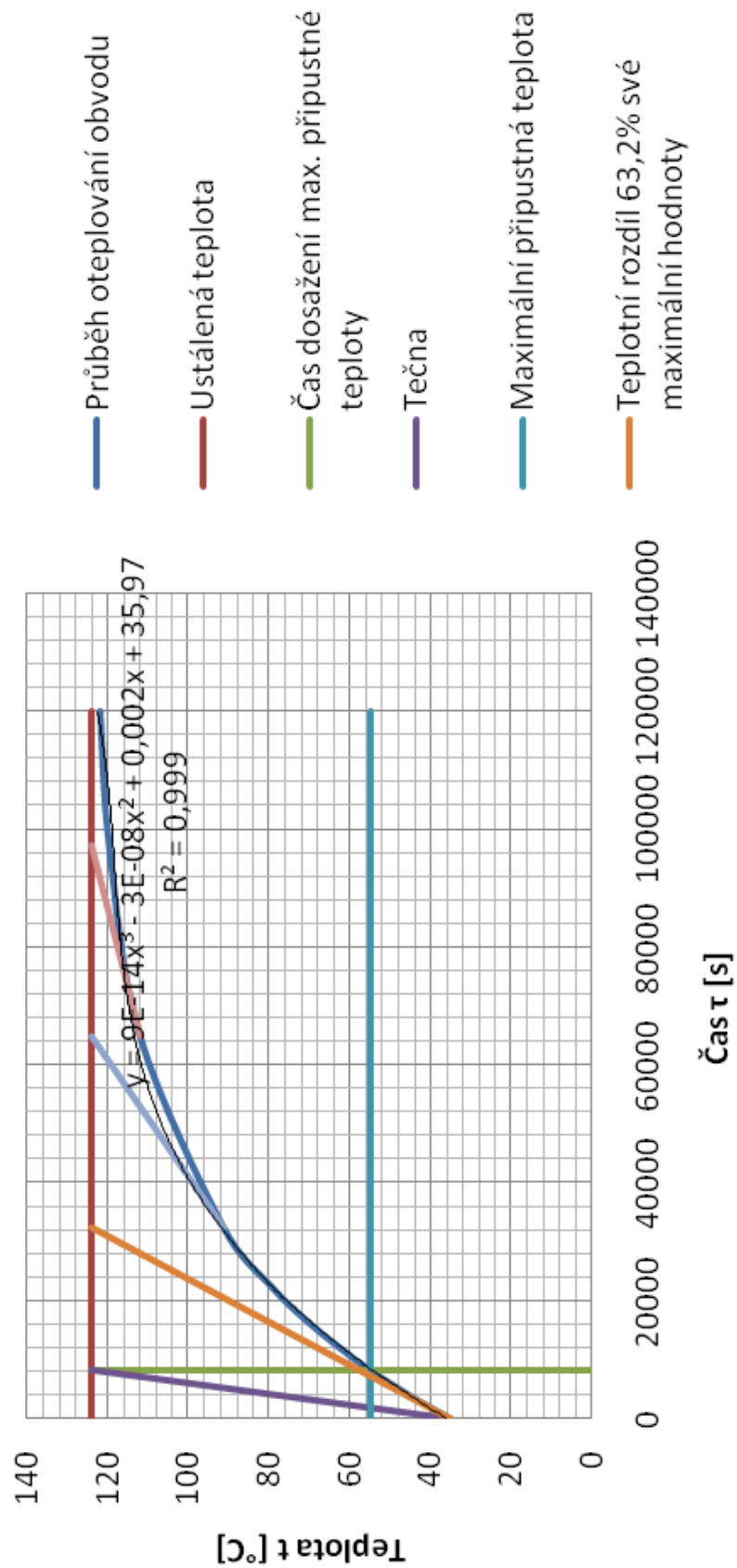
- Čas pro teplotní konstantu 0,1 T

$$T_{0,1} = 0,1 \cdot T = 0,1 \cdot 32464,29 = 3246,429 \text{ s} \quad (4.5.1.10)$$

- Teplota při teplotní konstantě 0,1 T

$$t = t_{01} + \frac{\Phi}{k_{\check{c}} \cdot S_{nádrž}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{0,1}}{T}} \right) = 35 + \frac{2991,6}{8 \cdot 4,2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{3246,429}{3246429}} \right) = 51,139 \text{ °C} \quad (4.5.1.11)$$

Průběh oteplování



Obr. č. 4.5.1.1 Průběh oteplování obvodu.

4.5.2 Volba vzduchového chladiče

Vzhledem k nízkému potřebnému výkonu chladiče použiji vzduchový chladič.

- **Rozdíl teplot oleje a okolí**

$$\Delta t = t_{olej} - t_o = 55 - 35 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.5.2.1)$$

- **Výkon vzduchového chladiče**

Jelikož při výpočtu volím odhadem některé konstanty, tak z tohoto důvodu je tepelný výkon orientační. Z důvodu rezervy budu používat dvojnásobnou rezervu.

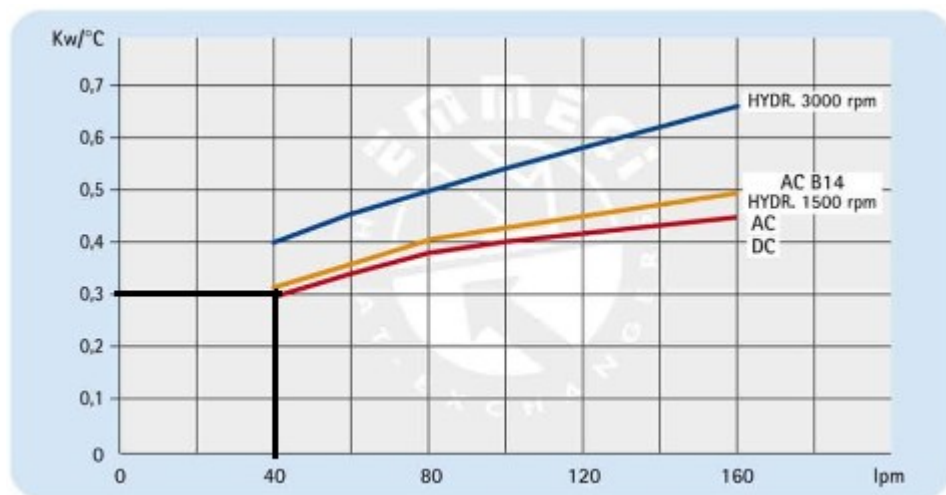
Dvojnásobná rezerva:

$$\Phi_r = \Phi_c \cdot r = 2319,6 \cdot 2 = 4639 \text{ W} = 4,64 \text{ kW} \quad (4.5.2.2)$$

kde r rezerva 2

$$\Phi_{CH} = \Delta t \cdot P = 20 \cdot 0,3 = 6 \text{ kW} \quad (4.5.2.3)$$

kde P specifický výkon $0,3 \text{ kW} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$



Obr. č. 3.5.2.1 Graf výkonnosti. [25]

Jelikož graf je pro olej VG32 a já mám olej VG46, použiji přepočet.

Přepočet potřebného výkonu:

$$\Phi_p = \Phi_r \cdot z = 4636 \cdot 1,2 = 5567 \text{ W} = 5,567 \text{ kW} \quad (4.5.2.4)$$

kde z přepočet olejů z VG32 na olej VG46, 1,2

- **Kontrola správného vzduchového chladiče**

$$\Phi_p \leq \Phi_{CH} \quad (4.5.2.5)$$

$$5,567 \text{ kW} \leq 6 \text{ kW} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Volím vzduchový chladič od firmy Hydroma typ MH AIR 2040K

- **Průtok od hydrogenerátoru**

$$Q_{chl} = V_{nádrž} \cdot x_{pře} = 0,4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 33,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.5.2.6)$$

kde $x_{pře}$ přečerpání nádrže pro chlazení je 4-6krát za minutu, volím 5krát za min^{-1}

- **Výkon elektrického motoru**

$$P_{elech} = Q_{chl} \cdot p_{chl} = 5,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1300000 = 715 \text{ W} = 0,715 \text{ kW} \quad (4.5.2.7)$$

kde p_{chl} tlak ve větvi chlazení, volím 13 bar

- **Geometrický objem hydrogenerátoru**

$$V_{gHGch} = \frac{Q_{chl}}{n_{ELch}} = \frac{5,5 \cdot 10^{-4}}{24,167} = 2,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 22,8 \text{ cm}^3 \quad (4.5.2.8)$$

kde: n_{ELch} otáčky elektrického motoru, volím $1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Elektromotor pro pohánění vrtule k vzduchovému chladiči volím o výkonu 0,21 kW a s otáčkami $1410 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$.

Veškeré zvolené prvky jsou k nahlédnutí v příloze číslo 2 s názvem Specifikace prvků a v příloze číslo 3 s názvem Motorová listina.

4.6 Potřebné pevnostní výpočty hydraulických válců

4.6.1 Hlavní hydraulické válce

4.6.1.1 Výpočet vzpěru podle Eulera

Jedná se o pružný vzpěr. Hydraulické válce pro stříhání plechu volím 80/42-300mm

- **Kvadratický moment pro kruhovou tyč**

$$I_x = \frac{\pi \cdot d_h^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,042^4}{64} = 1,52745 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 = 152745 \text{ mm}^4 \quad (4.6.1.1.1)$$

- **Redukovaná délka**

$$l_{red} = h_h + l_u = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm} \quad (4.6.1.1.2)$$

kde l_u vzdálenost od konce pístnice k uchycením hydromotoru 0,6 m

- **Kritická síla**

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{k \cdot l_{red}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,52745 \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 0,6^2} = 293131,36 \text{ N} = 293,13 \text{ kN}$$

$$F_{kr} \geq F_{1h} \quad (4.6.1.1.3)$$

$$293,13 \text{ kN} \geq 70,406 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde k koeficient bezpečnosti 3

E modul pružnosti v tahu $210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$

4.6.1.2 Výpočet vzpěru podle Tetmajera

Jedná se o nepružný vzpěr.

- **Štíhlostní poměr**

$$i_s = \frac{4 \cdot l_{red}}{d_h} = \frac{4 \cdot 0,6}{0,042} = 57,143 \quad (4.6.1.2.1)$$

- **Kritická síla**

$$F_{krt} = \frac{d_h^2 \cdot \pi \cdot (a - b \cdot i_s)}{4 \cdot k} = \frac{0,042^2 \cdot \pi \cdot (335 \cdot 10^6 - 0,62 \cdot 10^6 \cdot 57,143)}{4 \cdot 3} = 138346 \text{ N}$$

$$F_{krt} \geq F_{1h} \quad (4.6.1.2.2)$$

$$138,3 \text{ kN} \geq 106,2 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde experimentálně zjištěné konstanty závislé na materiálu, mat. 11 523.0,

$$a = 335 \cdot 10^6 \text{ Pa}, b_m = 0,62 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

4.6.1.3 Kontrola závitů

4.6.1.3.1 Kontrola závitů na pístnici, jako matice oko

Závit pístnice M35 x 1,5, z materiálu 11 523.0, mez kluzu $Re_{min} = 333 \text{ MPa}$. Při kontrole závitů počítám s maximální silou $F_{1h} = 70406,4 \text{ N}$. Počítám s míjivým zatížením. Průměry závitů: $d = D = 35 \text{ mm}$, $d_2 = D_2 = 34,026 \text{ mm}$, $D_1 = 33,376 \text{ mm}$, $d_3 = 33,160 \text{ mm}$. Vypočtu minimální výšku matice (zašroubování oka). Rozsah délky matice použiji na nastavení válců tak, aby dorazy dosedali ve stejnou dobu.

- **Namáhání tahem**

Výpočtový průřez:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{0,034026 + 0,03316}{2} \right)^2 = 8,863 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 886,3 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.3.1.1)$$

Pevnostní rovnice v tahu:

$$\sigma_t = \frac{F_{1h}}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{S} \leq 0,45 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$\frac{70406,4}{8,863 \cdot 10^{-4}} \leq 0,45 \cdot 350 \cdot 10^6 \quad (4.6.1.3.1.2)$$

$$79438564,8 \text{ Pa} \leq 157500000 \text{ Pa}$$

$$79,4 \text{ MPa} \leq 157,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

- **Otlačení závitů**

Nosná hloubka závitu:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{0,035 - 0,033376}{2} = 8,12 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,812 \text{ mm} \quad (4.6.1.3.1.3)$$

Rovnice otlačení závitů:

$$\frac{F_{1h}}{S_o} \leq p_D$$

$$\frac{F_{1h}}{S_o} \leq 0,25 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$\frac{70406,4}{S_o} \leq 0,25 \cdot 350 \cdot 10^6 \quad (4.6.1.3.1.4)$$

$$S_o \leq \frac{70406,4}{87500000}$$

$$S_o \leq 8,046 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 804,6 \text{ mm}^2$$

Z otlačované plochy všech závitů si vypočtu počet závitů:

$$S_o = z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1$$

$$z = \frac{S_o}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{8,046 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,034026 \cdot 8,12 \cdot 10^{-4}} = 9,2695 \quad (4.6.1.3.1.5)$$

Minimální výška závitů:

$$h_z = z \cdot P_z = 9,2695 \cdot 0,0015 = 0,0139 \text{ m} = 13,9 \text{ mm} \quad (4.6.1.3.1.6)$$

Délka zašroubování oka se může pohybovat od 13,9 mm do 30 mm.

4.6.1.3.2 Kontrola závitů na pístnici, jako matice píst

Závit pístnice M32 x 1,5, z materiálu 11 523.0, mez kluzu $R_{e_{min}} = 333 \text{ MPa}$. Při kontrole závitů počítám s maximální silou $F_{1h} = 70406,4 \text{ N}$. Počítám s míjivým zatížením. Průměry závitů: $d = D = 32 \text{ mm}$, $d_2 = D_2 = 31,026 \text{ mm}$, $D_1 = 30,376 \text{ mm}$, $d_3 = 30,160 \text{ mm}$. Výška matice $h_z = 48 \text{ mm}$.

• Namáhání tahem**Výpočtový průřez:**

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{0,031026 + 0,03016}{2} \right)^2 = 7,351 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 735,1 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.3.1.1)$$

Pevnostní rovnice v tahu:

$$\sigma_t = \frac{F_{1h}}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{S} \leq 0,45 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$\frac{70406,4}{7,351 \cdot 10^{-4}} \leq 0,45 \cdot 350 \cdot 10^6 \quad (4.6.1.3.1.2)$$

$$95780725,8 \text{ Pa} \leq 157500000 \text{ Pa}$$

$$95,8 \text{ MPa} \leq 157,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

• Otláčení závitů**Nosná hloubka závitu:**

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{0,032 - 0,030376}{2} = 8,12 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,812 \text{ mm} \quad (4.6.1.3.2.1)$$

Počet závitů:

$$z = \frac{h_z}{P_z} = \frac{0,048}{0,0015} = 32 \quad (4.6.1.3.2.2)$$

Otlačovaná plocha všech závitů:

$$S_o = z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1 = 32 \cdot \pi \cdot 0,031026 \cdot 8,12 \cdot 10^{-4} = 2,5327 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 2532,7 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.3.2.3)$$

Rovnice otlačení závitů:

$$p_o = \frac{F_{1h}}{S} \leq p_D$$

$$\frac{F_{1h}}{S} \leq 0,25 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$\frac{70406,4}{2,5327 \cdot 10^{-3}} \leq 0,25 \cdot 350 \cdot 10^6 \quad (4.6.1.3.2.4)$$

$$27799083 \text{ Pa} \leq 87500000 \text{ Pa}$$

$$27,8 \text{ MPa} \leq 87,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výška matice pístu vyhovuje, protože tlak v závitech je menší, než je dovolený.

4.6.1.3.3 Kontrola závitů na válci, jako matice víka válce

Závit na válci M95 x 2, z materiálu 11 523.0, mez kluzu $Re_{min} = 333 \text{ MPa}$. Při kontrole závitů počítám s maximální silou $F_{1h} = 70406,4 \text{ N}$. Počítám s míjivým zatížením. Průměry závitů: $d = D = 95 \text{ mm}$, $d_2 = D_2 = 93,701 \text{ mm}$, $D_1 = 92,835 \text{ mm}$, $d_3 = 92,546 \text{ mm}$. Výška matice $h_z = 28 \text{ mm}$.

• Namáhání tahem**Výpočtový průřez:**

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{0,093701 + 0,092546}{2} \right)^2 = 6,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 6811 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.3.3.1)$$

Pevnostní rovnice v tahu:

$$\sigma_t = \frac{F_{1h}}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{S} \leq 0,45 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$\frac{70406,4}{6,81 \cdot 10^{-3}} \leq 0,45 \cdot 350 \cdot 10^6 \quad (4.6.1.3.3.2)$$

$$10337218 \text{ Pa} \leq 157500000 \text{ Pa}$$

$$10,3 \text{ MPa} \leq 157,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

- **Otlačení závitů**

Nosná hloubka závitů:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{0,095 - 0,092835}{2} = 1,0825 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,0825 \text{ mm} \quad (4.6.1.3.3.3)$$

Počet závitů:

$$z = \frac{h_z}{P_z} = \frac{0,028}{0,002} = 14 \quad (4.6.1.3.3.4)$$

Otlačovaná plocha všech závitů:

$$S_O = z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1 = 14 \cdot \pi \cdot 0,093701 \cdot 1,0825 \cdot 10^{-3} = 4,46 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 4461 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.3.3.5)$$

Rovnice otlačení závitů:

$$\begin{aligned} p_O &= \frac{F_{1h}}{S} \leq p_D \\ \frac{F_{1h}}{S} &\leq 0,25 \cdot \sigma_{Kt} \\ \frac{70406,4}{4,46 \cdot 10^{-3}} &\leq 0,25 \cdot 350 \cdot 10^6 \\ 15782002,2 \text{ Pa} &\leq 87500000 \text{ Pa} \\ 15,8 \text{ MPa} &\leq 87,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned} \quad (4.6.1.3.3.6)$$

Výšky matice vík pro hydraulický válec vyhovují, protože tlak v závitech je menší, než je dovolený.

4.6.1.4 Kontrola čepu

4.6.1.4.1 Kontrola čepu v oku pístnice

Průměr čepu $d_\varepsilon = 40 \text{ mm}$ a jeho materiál je 11 140, mez pevnosti v tahu $\sigma_{Pt} = 800 \text{ MPa}$. Materiál táhla a vidlice 15 230.7, mez pevnosti v tahu $\sigma_{Pt} = 1000 \text{ MPa}$. Počítám s míjivým zatížením a s větší silou, kde $F_{1h} = 70406,4 \text{ N}$. Šířka táhla $b_t = 40 \text{ mm}$, šířka vidlice $a_v = 48 \text{ mm}$.

- **Namáhání smykem**

Plocha čepu namáhána smykem:

$$S_\varepsilon = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d_\varepsilon^2}{4} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 2,51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 2,51 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.4.1.1)$$

Rovnice pro smyk:

$$\tau_s = \frac{F_{1h}}{S_{\varepsilon}} \leq \tau_{Ds}$$

$$\frac{F_{1h}}{S_{\varepsilon}} \leq 0,6 \cdot \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{S_{\varepsilon}} \leq 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} \quad (4.6.1.4.1.2)$$

$$\frac{70406,4}{2,51 \cdot 10^{-3}} \leq 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,75$$

$$28050359 \text{ Pa} \leq 108 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$28,1 \text{ MPa} \leq 108 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Otlačení**

Otlačovaná plocha ve vidlici:

$$S_2 = 2 \cdot a_v \cdot d_{\varepsilon} = 2 \cdot 0,048 \cdot 0,04 = 3,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 3840 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.4.1.3)$$

Rovnice pro otlačení ve vidlici:

$$p_{2O} = \frac{F_{1h}}{S_2} \leq p_{D2}$$

$$\frac{F_{1h}}{S_2} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{S_2} \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} \quad (4.6.1.4.1.4)$$

$$\frac{70406,4}{3,84 \cdot 10^{-3}} \leq \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,85$$

$$18335000 \text{ Pa} \leq 255 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$18,3 \text{ MPa} \leq 255 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Otlačovaná plocha v táhle:

$$S_1 = b_t \cdot d_{\varepsilon} = 0,04 \cdot 0,04 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 1600 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.4.1.5)$$

Rovnice pro otlačení v táhle:

$$p_{10} = \frac{F_{1h}}{S_1} \leq p_{D1}$$

$$\frac{F_{1h}}{S_1} \leq p_{D2} \cdot 0,35$$

$$\frac{70406,4}{1,6 \cdot 10^{-3}} \leq 255 \cdot 10^6 \cdot 0,35 \quad (4.6.1.4.1.6)$$

$$44004000 \text{ Pa} \leq 89250000 \text{ Pa}$$

$$44 \text{ MPa} \leq 89,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

• Ohyb

$$\sigma_o = \frac{M_{o \max}}{W_o} \leq \sigma_{Do}$$

$$\frac{M_{o \max}}{W_o} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{rA} \cdot \left(\frac{a_v}{2} + \frac{b_t}{4} \right)}{0,1 \cdot d^3} \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II}$$

$$\frac{\frac{F_{1h}}{2} \cdot \left(\frac{a_v}{2} + \frac{b_t}{4} \right)}{0,1 \cdot d_\epsilon^3} \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} \quad (4.6.1.4.1.7)$$

$$\frac{\frac{70406,4}{2} \cdot \left(\frac{0,048}{2} + \frac{0,04}{4} \right)}{0,1 \cdot 0,04^3} \leq \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,85$$

$$187017000 \text{ Pa} \leq 255 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$187 \text{ MPa} \leq 255 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.6.1.4.2 Kontrola čepu k uchycení hydraulického válce

Průměr čepu $d_\epsilon = 40 \text{ mm}$ a jeho materiál je 11 523.0. Počítám s míjivým zatížením a s větší silou, kde $F_{1h} = 70406,4 \text{ N}$. Šířka vidlice $a_v = 50 \text{ mm}$ a jeho materiál je 15 230.7.

• Namáhání smykem

Plocha čepu namáhána smykem:

$$S_\epsilon = \frac{\pi \cdot d_\epsilon^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 1,257 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 1257 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.4.2.1)$$

Rovnice pro smyk:

$$\tau_s = \frac{\frac{F_{1h}}{2}}{S_{\check{c}}} \leq \tau_{Ds}$$

$$\frac{F_{1h}}{2 \cdot S_{\check{c}}} \leq 0,6 \cdot \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{2 \cdot S_{\check{c}}} \leq 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} \quad (4.6.1.4.2.2)$$

$$\frac{70406,4}{2 \cdot 1,257 \cdot 10^{-3}} \leq 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot 600 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,75$$

$$280013816,46 \text{ Pa} \leq 81000000 \text{ Pa}$$

$$28 \text{ MPa} \leq 81 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

• Otlačení**Otlačovaná plocha čepu:**

$$S_{\check{c}O} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}}{2} \cdot l = \frac{\pi \cdot 0,04}{2} \cdot 0,05 = 3,142 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 3142 \text{ mm}^2 \quad (4.6.1.4.2.3)$$

kde l délka čepu 0,05 m

Rovnice pro otlačení ve vidlici:

$$p_{2O} = \frac{\frac{F_{1h}}{2}}{S_{\check{c}O}} \leq p_{D2}$$

$$\frac{F_{1h}}{2 \cdot S_{\check{c}O}} \leq 0,6 \cdot \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{1h}}{2 \cdot S_{\check{c}O}} \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} \quad (4.6.1.4.2.4)$$

$$\frac{70406,4}{2 \cdot 3,142 \cdot 10^{-3}} \leq \frac{0,6 \cdot 600 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,85$$

$$11204073,8 \text{ Pa} \leq 153 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$11,2 \text{ MPa} \leq 153 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

- **Ohyb**

$$\sigma_o = \frac{M_{o \max}}{W_o} \leq \sigma_{Do}$$

$$\frac{M_{o \max}}{W_o} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{\frac{F_{lh}}{2} \cdot \frac{l}{2}}{0,1 \cdot d^3} \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} \quad (4.6.1.4.2.5)$$

$$\frac{\frac{70406,4}{2} \cdot \frac{0,05}{2}}{0,1 \cdot d^3} \leq \frac{0,6 \cdot 600 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,85$$

$$137512500 \text{ Pa} \leq 153 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$137,5 \text{ MPa} \leq 153 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5. Návod na obsluhu a údržbu

Hydraulický agregát slouží jako zdroj tlaku pro hydraulické zařízení rychlonůžek.

5.1 Popis

Hydraulický agregát tvoří tyto základní prvky a části dle schématu výkresová čísla 1-SEB192-4.

Základní prvky hydraulického agregátu (dle specifikace 1-SEB192-2):

- ocelová nádrž 400 L (1),
- elektromotor (5), 22 kW, 1450 ot/min,
- elektromotor (19), 1,5 kW, 1450 ot/min,
- elektromotor (25), 0,75 kW, 1450 ot/min,
- hlavní hydrogenerátor (uvnitř nádrže-9) napojený na blok na nůžkách (44),
- hydrogenerátor chlazení (uvnitř nádrže-28) napojený na vzduchový chladič (29),
- hydrogenerátor přítlaču (uvnitř nádrže-22) napojený na blok na nůžkách (37).

Hydraulický agregát slouží jako zdroj tlaku pro následující funkce rychlonůžek:

5.1.1 Střih

Pro funkci střihu je vyčleněn hlavní hydrogenerátor (9), který je napojen pomocí hadic na hlavní rozvodný blok (44) na rychlonůžkách. K bloku je připojen akumulátor o objemu 20 L (15) spolu s pojistným blokem (14). Rozvodný blok sestává z hlavního rozváděče (45) světlosti DN16, který obstarává vlastní střih. Dále je na bloku sestava pomocného rozváděče střihu (46) vybavená škrticími ventily (47) a sedlovými ventily (48). Vlastní střih zabezpečují přes pákový mechanismus dva hydraulické válce 80/42-300 (53).

5.1.2 Přidržení plechu

Pro funkci přidržení je vyčleněn hydrogenerátor přidržovačů (22), který je napojen pomocí hadic na pomocný rozvodný blok (37) na rychlonůžkách. K bloku jsou připojeny 4 hydraulické válce 32/18-60 (43), které zajišťují zdvih přítlačné desky.

5.1.3 Chlazení a filtrace

Pro filtrační a chladicí obvod je vyčleněn hydrogenerátor chlazení (28), který vhání kapalinu z jednoho rohu nádrže přes vzduchový chladič (29) a zpětný filtr (30) zpět do druhého rohu. K tomuto okruhu připadá ovládání pomocí elektrického hladinoměru kombinovaného s měřením teploty (32). Standardní způsob zapojení by měl při nízké hladině upozornit obsluhu na nízkou hladinu oleje. Při dosažení havarijní hladiny vypnout agregát. Teplotní nastavení by mělo přinejmenším obsahovat 2 teploty – zvýšenou, kdy je k běžícímu filtračnímu a chladicímu okruhu zapnut motor chladiče (29). Pokud i nadále teplota poroste, mělo by být po dosažení havarijní teploty vypnut hlavní hydrogenerátor stříhu (9) a hydrogenerátor přidržovačů (22), přesněji jejich motory, tak, aby bylo možné olej ochladit.

5.2 Obsluha a údržba

Vždy než je použit hydraulický agregát, je potřeba zkontrolovat, jaký je stav hladiny kapaliny v nádrži. Jako první by měl být spuštěn motor MA2 chladicího a filtračního okruhu. Dále je možno nastartovat motory MA1 stříhu a MA4 přidržení. Při startu hydrogenerátorů musí být rozváděče v základní poloze – bez napětí na ovládacích cívkách. Hydrogenerátory tak startují do odlehčeného stavu.

Tlak v hydraulickém okruhu stříhu je vyvozen hlavním hydrogenerátorem (9) po spuštění hlavního elektromotoru (5) a současném sepnutí ventilu YV1. Sepnutí ventilu YV1 ovládá tlakovou regulaci hlavního hydrogenerátoru – maximální hodnota tlaku je omezena pojistným ventilem (16), výrobcem nastavený na 140 bar – ten dává tlakový signál hlavnímu hydrogenerátoru (9). Na výstupu hydrogenerátoru (9) je pojistný ventil (12) – ten musí být nastaven výše, než je signál tlakové regulace YV1 – od výrobce je nastaven na 150 bar.

Vlastní ovládání stříhu je možno pomocí hlavního rozváděče DN16 (45) YV3.1/YV3.2. Tento rozváděč funguje pro stříh pracovní rychlostí.

Druhou možností je pomocné ovládání stříhu rozváděčem světlosti DN6 (46) YV4.1/YV4.2 – rychlost lze nastavit na škrticích ventilech (47). Při použití tohoto rozváděče musí být zároveň splněna podmínka přivedení napětí na sedlové ventily (48) YV5.1/YV5.2 – tyto ventily v základní poloze neumožňují průtok kapaliny – průtočné jsou až po přivedení napětí na jejich ovládací cívky.

Hydraulické válce pro stříh (53) jsou vybaveny škrticími ventily pro tlumení v koncových polohách (54). Jejich utažením se dosáhne pozvolného najetí válce do koncové polohy.

Hlavní hydrogenerátor má maximální provozní tlak 210 bar. Pro nastavení regulace na 140 bar (dle schématu) je využit maximální výkon motoru (22 kW) pro plný průtok hydrogenerátoru (cca 90 l/min). Pro zvýšení tlaku je nutné dbát snížení průtoku omezením naklopení desky hydrogenerátoru – toto se provádí utažením stavěcího šroubu na hydrogenerátoru přístupném po odstranění čistícího víka (a předchozím odčerpáním oleje). Při požadavku na funkci stroje při 200 bar je nutné snížit průtok hlavním čerpadlem na cca 70 % tj. 65 l/min.

Tlak v hydraulickém okruhu přidržení je vyvozen hydrogenerátorem přidržovačů (22) po spuštění elektromotoru (19) a sepnutém ventilu YV6.1/YV6.2.

Ventil je v základní poloze odlehčen – sepnutím cívky YV6.1 je stříhaný plech přitlačen, sepnutím cívky YV6.2 sjedou hydraulické válce do základní polohy. Velikost přitlačné síly je nastavitelná na pojistném ventilu (3) – nastavená výchozí hodnota od výrobce je dle schématu 25 bar.

Hladina kapaliny je hlídána hladinovým spínačem (32) – jeho obvyklé použití je popsáno v kapitole 5.1.3. Nastavení a použití je věcí dodavatele rychlonůžek.

V případě poruchy funkce hydraulického agregátu je nutné se spojit s dodavatelem a požádat jej o odstranění poruchy.

Provozovatel zařízení může přes hydrogenerátorový agregát opatřený filtrem doplňovat kapalinu v nádrži, případně vyměnit potrubí, jestliže jeví známky průsaků.

5.3 Technické údaje

STŘIH

Pracovní tlak v hydraulickém systému	15 MPa
Geometrický objem hydrogenerátoru	61,9 cm ³
Max. průtok kapaliny z hydrogenerátoru	90 l/min
Výkon elektromotoru	22 kW

PŘIDRŽENÍ

Pracovní tlak v hydraulickém systému přitlaku	2,5 MPa
Geometrický objem hydrogenerátoru	21,1 cm ³
Max. průtok kapaliny z hydrogenerátoru	30,1 l/min
Výkon elektromotoru	1,5 kW

CHLAZENÍ

Geometrický objem hydrogenerátoru	28,2 cm ³
Max. průtok kapaliny z hydrogenerátoru	40,1 l/min
Výkon elektromotoru	0,75 kW
Výkon elektromotoru chladiče	0,25 kW
Rozsah teploty kapaliny v nádrži	5-55 °C

5.4 Další informace

Největší počet jednotlivých dílů agregátu je zhotoven z ocelí třídy 11 a 12. Povrch nádrže je chráněn díky práškovému lakování.

Bezpečnost při práci s agregátem:

Pokud se používá hydraulický agregát, je potřeba se držet těchto pravidel:

Dotyčný, který obsluhuje agregát, musí být obeznámen s návodem, jak agregát používat, a také musí být vzdělán v okruhu hydraulických zařízení.

Při obměně potrubních spojů a hadic se musí dohlížet na to, aby byla čistá plocha odkládacího prostoru. Tím se sníží riziko toho, že by se nečistoty dostaly do potrubního systému (zátkovat otevřený obvod).

Poruchy, které mohou nastat, a jejich odstranění:

Elektromotor se netočí.

Příčina a řešení. Je vypnutý hlavní vypínač, není elektrický proud, není zapnuto ovládání motoru nebo se vyhodil jistič. Další příčinou může být, že je zmáčknutý některý z central stopů.

Elektromotor plní funkci, ale hydrogenerátor netlačí tlak.

Příčina a řešení. Zřejmě nemáte splněnou jednu z následujících podmínek. Prvně se přesvědčte o správném otáčení elektrického motoru. Dále zjistěte, zda je správně nastaven pojistný ventil, nebo stiskněte nouzové tlačítko pomocí pevné tyčinky na přestavení rozváděče.

Hydraulický agregát dává tlak, ale válce se nehýbou.

Příčina a řešení. Zřejmě jsou válce zajety v krajní poloze, je nedostatečný tlak v hydraulickém obvodu nebo jsou příliš dotažené škrticí ventily. Zkuste současně zatlačit na nouzové ovládání pracovní sekce elektromagnetu. Pokud se nic nehýbe, možná jsou válce již zajety v krajní poloze a tlačíte na nesprávný magnet pracovní sekce. Zkuste to samé na opačný elektromagnet. Zkontrolujte nastavení pojistného tlaku na pojistném ventilu. Povolte škrticí ventily. [5]

6. Závěr

Jak již bylo zmíněno v úvodu, tato práce se měla zabývat stříháním. V mé magisterské práci jsem postupně popsal, jaké deformace mohou při stříhání vznikat, popsal jsem důvody, proč je lepší stříhat materiál za tepla než za studena.

Dále jsem se věnoval samotnému nástroji, který je jedním z nejdůležitějších při stříhání, a to nůžkám. Nůžky jsem postupně rozdělil podle různých kritérií, např. podle konstrukce, podle pohybu, podle tvaru nožů atd.

Následně jsem se zaměřil na stříhání rovnoběžnými, kruhovými a především na stříhání šikmými noži. Stříhání šikmými noži má výhodu oproti stříhání na rovnoběžných nůžkách v tom, že se zmenší celková potřebná střížná síla F . Také z diagramu, který jsem v práci uvedl, vyplývá, že u stříhání jistého plechu s rovnoběžnými noži je potřebná podstatně větší síla F_1 . Postupný stříh a zmenšení střížné síly u stříhání šikmými noži také podstatně zmenšují rázy.

Nakonec teoretické části práce jsem zařadil různé druhy hydraulických střížných strojů, jako HNH, NHM, TS, SST, vysokorychlostní nůžky Clean & Square Edges a SpeedCut 1000/3.

Praktickou část jsem začal tím, že jsem navrhl různé řešení hydraulického pohonu rychlonůžek. Z těchto tří navržených řešení jsem následně vybral jedno, a to hydraulický pohon rychlonůžek se dvěma hydraulickými válci se zvedáním nože přes kloubový mechanismus. U tohoto pohonu stačí jedno vysunutí (zasunutí) válců ke stříhu a k vrácení do výchozí polohy.

Poté jsem s tímto vybraným řešením nadále pracoval. Postupně jsem si vypočítal potřebnou sílu na válce pro stříh, potřebné hydraulické a pevnostní výpočty. A nakonec jsem vypracoval návod na obsluhu a údržbu hydraulických rychlonůžek.

V příloze je nakresleno funkční schéma rychlonůžek, k němu zhotovena specifikace prvků a motorová listina. Dále je zde přiložen výkres sestavy hydraulického válce a hydraulický agregát.

7. Seznam použité literatury

[1] BLAŠČÍK, František a kolektiv. *Technológia tvárnenia, zlivárenstva a zvarania*. 1.vyd. Bratislava, Praha: 1988. 832 s. ISBN 063-563-87 05.

[2] JESAN KOVO. *Hydraulické tabulové nůžky SST*. Šumperk: Prospekt. 1 s.

[3] JESAN KOVO. *Hydraulické tabulové nůžky TS*. Šumperk: Prospekt. 1 s.

[4] PAVLOK, Bohuslav. SIVÁK, Václav. *Hydraulické mechanismy, příklady do cvičení.. II*. Vydání. Povoleno MK ČSR č. j. 21.514/79. 4.12.1979. 166s.

[5] Projekční podklady od firmy Interfluid.

[6] ZELENÝ, Jiří. *Stavba strojů strojní součásti*. Brno: Computer Press, a.s., 2003. 157 s. ISBN 80-7226-311-0.

[7] LEINVEBER, Jan. VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 874 s. ISBN 80-86490-74-2.

Dále internetové zdroje:

[8] PETRUŽELKA, Jiří. BŘEZINA, Richard. *Úvod do tváření II*. [online]. [cit 2012-20-12]. Dostupné na WWW:

<http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV2.pdf>

[9] MOSTR LIBOR BROM. *Hydraulické nůžky* [online]. [cit 2012-20-12]. Dostupné na WWW:

<<http://www.mostr.cz/Stroje-nuzky.html>>

[10] JESAN KOVO. *Hydraulické nůžky* [online] 2011. [cit 2012-20-12]. Dostupné na WWW:

<<http://www.jesankovo.cz/?i=253/hydraulicke>>

[11] ZHANGJIAGANG JK MACHINEY CO. *Hydraulic Shears* [online] 2011.

[cit 2012-20-12]. Dostupné na WWW:

<<http://www.tubeforner.cc/hydraulic-shears.html>>

[12] GROSSMANN. *Scheren* [online]. [cit 2012-20-12]. Dostupné na WWW:
< http://www.grossmann.de/produkte_pressen_scheren_hochgeschw.php>

[13] TECHNOLOGIE II. *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]. [cit 2012-10-11].
Dostupné na WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm>

Další zdroje, které jsem použil do příloh:

[14] RAJA LOVELOY. *Hydraulické komponenty* [online] 2013. [cit 2013-24-4]. Dostupné na
WWW:
< <http://www.raja-lovejoy.cz/cz/default.aspx> >

[15] STAUFF. *Optický stavoznak* [online] 2011. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.haps.cz/stauff.htm>>

[16] AC MOTOREN. *Elektromotory* [online]. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.ac-motoren.pl/katalog-silniki-elektryczne.html>>

[17] PARKER DENISON. *Hydrogenerátor* [online] 2013. [cit 2013-24-4]. Dostupné na
WWW:
< <http://www.denisonhydraulics.com/>>

[18] AGRO HYTOS. *Hydraulické komponenty* [online]. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.hytosost.cz>>

[19] Q-HYDRAULIKA. *Pojistný ventil* [online] 2003. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.q-hydraulika.cz/cz/2.html>>

[20] EMB. *Zpětné ventily* [online] 2011. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.haps.cz/emb.htm>>

[21] OLAER. *Pojistný blok akumulátoru* [online] 26.3.2013. [cit 2013-24-4]. Dostupné na
WWW:
< <http://www.olaer.cz/cz-home.htm>Home>

- [22] HYDAC. *Akumulátor* [online]. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.hydac.com/de-de/produkte/hydrospeicher.html>>
- [23] HYDR.APP. *Hydraulické komponenty*. [online] 2012. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.hydraulicsonline.co.uk/hydr-app-hydraulics>>
- [24] MARZOCCHI. *Hydrogenerátory*. [online] 26.3.2010. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
<<http://www.marzocchigroup.com/uk/pumps-usa/products/?IDFolder=735&LN=UK&sito=usa-pompe>>
- [25] HYDROMA. *Vzduchový chladič*. [online] 2012. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.hydroma.cz/chladice-hydraulicke/vzduchove-chladice/>>
- [26] MP FILTRI. *Filtrace*. [online] 2012. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.mpfiltri.com> >
- [27] ECOLEVEL. *Hladinoměr + teplota*. [online]. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< http://www.ecolevel.de/ecolevel_ed/index.html>
- [28] YUKEN. *Hydraulické komponenty*. [online] 2011. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< http://www.yuken.co.uk/cz_cata.html>
- [29] BOSCH REXROTH. *Blok + sedlové ventily*. [online] 11.7.2012. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.boschrexroth.com/ics/Vornavigation/VorNavi.cfm?Language=EN&Region=none&VHist=&PageID=Start>>
- [30] HENNLICH. *Hydraulické komponenty*. [online] 2013. [cit 2013-24-4]. Dostupné na WWW:
< <http://www.hennlich.cz/>>

8. Přílohy

Příloha A:

Průběh tlaků: 1-SEB192-1

Příloha B:

Specifikace prvků: 1-SEB192-2

Příloha C:

Motorová listina: 1-SEB192-3

Příloha D:

Funkční schéma hydraulických rychlonůžek: 1-SEB192-4

Sestava HV: 1-SEB192-5.0

Hydraulický píst: 1-SEB192-5.1

Hydraulický válec: 1-SEB192-5.2

Pístnice: 1-SEB192-5.3

Přední víko: 1-SEB192-5.4

Zadní víko: 1-SEB192-5.5

Matice: 1-SEB192-5.6

Uchycení HV: 1-SEB192-5.7

Kroužek: 1-SEB192-5.8

Hydraulický agregát: 1-SEB192-6.0

CD nosič:

CD obsahuje tuto diplomovou práci včetně příloh.